Aus dem Zahnärztlichen Institut der Universität Zürich
Abteilung für Konservierende Zahnheilkunde und Parodontologie
Vorstand: Prof. Dr. med. H. R. Mühlemann
und
dem Zahnärztlichen Institut der Universität Tübingen
Direktor: Prof. Dr. Dr. E. Fröhlich

«DURA-LAY»

Abdruckmaterial für Präzisionsgüsse
Klinische Erfahrungen
und histologische Pulpauntersuchungen

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades der Zahnheilkunde
einer Hohen Medizinischen Fakultät der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen

vorgelegt von Marc Oesterle von Bern

Zürich und Tübingen 1960

6703

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549610_0002

Aus dem Zahnärztlichen Institut der Universität Zürich
Abteilung für Konservierende Zahnheilkunde und Parodontologie
Vorstand: Prof. Dr. med. H. R. Mühlemann
und
dem Zahnärztlichen Institut der Universität Tübingen
Direktor: Prof. Dr. Dr. E. Fröhlich

«DURA-LAY»

Abdruckmaterial für Präzisionsgüsse
Klinische Erfahrungen
und histologische Pulpauntersuchungen

Inaugural-Dissertation

**zur Erlangung des Doktorgrades der Zahnheilkunde
einer Hohen Medizinischen Fakultät der Eberhard-Karls-Universität
zu Tübingen**

vorgelegt von Marc Oesterle von Bern

Zürich und Tübingen 1960

Meinen lieben Eltern in Dankbarkeit gewidmet

Dekan: Prof. Dr. R. Bauer
Berichterstatter: Prof. Dr. Dr. E. Fröhlich
Zum Druck genehmigt von der Medizinischen Fakultät Tübingen

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Einleitung	5
Die Goldgussfüllung	6
Kunststoffe als Inlayabdruckmaterial	6
«DURA-LAY Inlay Pattern Resin»	7
Physikalische Eigenschaften von Dura-Lay	7
Toxizität der Polymere	9
Eigene Untersuchungen	14
A) Klinische Studie	14
Technisches Vorgehen	14
Resultate	18
Diskussion (klinischer Teil)	22
B) Histologische Studie	23
Anordnung der Untersuchung und technisches Vorgehen	23
Histologische Untersuchung	24
Befunde	26
Diskussion (histologischer Teil)	42
Zusammenfassung (klinisch und histologisch)	42
Literaturverzeichnis	44

Einleitung

Eine der verbreitetsten Zivilisationskrankheiten ist die Zahnkaries. So umfangreich die Bemühungen auf dem Gebiet der Prophylaxe auch gewesen sind, so ist es bis heute noch nicht gelungen, der Zahnkaries Herr zu werden. Der Arzt und insbesondere der Zahnarzt ist daher gezwungen, in erster Linie eine symptomatische Therapie zu betreiben.

Therapie heisst im Gebiet der konservierenden Zahnheilkunde: Füllen der kariösen Defekte mit körperfremdem Material, da im Zahn ein einmal vorhandener Substanzverlust durch die Natur nicht mehr ersetzt werden kann. Eine «restitutio ad integrum» findet im Zahn nicht statt.

Dem Zahnarzt werden durch die Industrie verschiedenste Füllungs- und Hilfsmaterialien in die Hand gegeben: Zemente, Kunstharze, stopfbare Metallegierungen (Silberamalgame, Stopfgold) sowie giessbare Metallegierungen. Bei der Verarbeitung und Anwendung all dieser Materialien lautet die erste ärztliche Forderung: «Nil nocere!»

Eine Gussfüllung direkt in die Kavität des Zahnes zu bringen, ist infolge der hohen Temperaturen des definitiven Füllungsmateriales im plastischen Zustand jedoch nicht möglich. Man muss ein Modell der Füllung aus einem dafür geeigneten Abdruckmaterial herstellen, mit Hilfe dessen das Gusstück angefertigt wird.

Bis heute ist es noch nicht gelungen, ein Füllungsmaterial herzustellen, das den physikalischen, mechanischen, chemischen und kosmetischen Eigenschaften der Zahnhartsubstanz gleichzusetzen wäre. Jedes Füllungsmaterial zeigt ganz bestimmte Eigenschaften, die es für bestimmte Anwendungsbereiche als besonders geeignet erscheinen lassen.

Eines der verbreitetsten Füllungsmaterialien ist das Silberamalgam, das den grossen Vorteil einer einfachen und schnellen Applizierbarkeit hat, auf der andern Seite aber Nachteile wie Sprödheit, Korrosion, starke Materialermüdung und insbesondere «Flow» zeigt. Amalgam hat keine bestimmte kristalline Struktur; dies ist der Grund, weshalb das Material unter konstanter Krafteinwirkung langsam wegfliesst. Damit ist theoretisch die Eignung von Amalgam als dauerhaftes Füllungsmaterial in Frage gestellt. In der Praxis jedoch kann durch entsprechende Kavitätengestaltung diesem ungünstigen Verhalten des Amalgams weitgehend Rechnung getragen werden, so dass das Silberamalgam immer noch ein unentbehrliches Verbrauchsmaterial der zahnärztlichen Praxis darstellt.

Gold ist auch heute noch das beste bekannte Füllungsmaterial, und zwar sowohl in physikalischer als auch in mechanischer und chemischer Hinsicht. Goldfüllungen kennt man heute in zwei Formen:

a) Die *Stopfgoldfüllung;* geeignet nur für kleine, möglichst zentrale Kavitäten.

b) Die *Goldgussfüllung;* geeignet in fast allen übrigen Fällen.

Die Goldgussfüllung

Die Vorteile der Goldgussfüllung gegenüber plastischen Füllungsmaterialien sind offensichtlich. Durch die homogene Struktur des Goldes sind Form- und weitgehend Korrosionsfestigkeit gewährleistet. Damit sind die Voraussetzungen für dauerhaften guten Randschluss gegeben und der Bildung von Sekundärkaries theoretisch der Riegel geschoben. — Allerdings hat REBEL (17) darauf hingewiesen, dass auch die Goldgussfüllung infolge eines nicht zu vermeidenden Schwundes beim Giessen, besonders im Bereich der gingivalen Stufe, nicht immer einen sicheren Randschluss aufweisen muss.

Der Hauptnachteil der Goldgussfüllung gegenüber der Amalgamfüllung besteht, abgesehen vom höheren Materialpreis, im wesentlich komplizierteren Herstellungsprozess. Zur Herstellung der Goldgussfüllung sind Abdrucke nötig. Man unterscheidet grundsätzlich zwei Abdruckmethoden:

1) Die *direkte* Abdruckmethode

2) Die *indirekte* Abdruckmethode

Bei der direkten Abdruckmethode wird das Gussmodell direkt im Munde des Patienten angefertigt.

Bei der indirekten Methode wird vorerst ein Modell des Zahnes mit der Inlaykavität angefertigt und anhand dieses Zahnmodells das Gussmodell hergestellt. Durch die Vermehrung der Arbeitsgänge bei der indirekten Methode nimmt auch die Fehlermöglichkeit zu.

Es ist daher erstrebenswert, möglichst alle Gussmodelle in der *direkten* Methode anzufertigen, um möglichst genaue Güsse zu erhalten. Allerdings stellt diese direkte Abdruckmethode sehr hohe Anforderungen an die Geschicklichkeit des Zahnarztes. Die räumlichen Verhältnisse im Munde gestatten keine direkte Sicht von allen Seiten auf das Arbeitsstück. Die Modellation des Füllungsmodells ist unter den Verhältnissen im Munde erschwert, zumal das bisher gebräuchliche Gusswachs nur geringe mechanische Festigkeit aufweist und die Gefahr des Verziehens beim Entfernen des Modells sehr gross ist.

Das «National Bureau of Standards» in Washington gab 1934 eine Normenaufstellung für Inlaywachs heraus. 1940 erschien die heute noch gültige «Specification No. 4 for inlay casting wax» durch die ADA. Durch diese Richtlinien werden an die Fabrikate gewisse Forderungen gestellt, damit möglichst geringe Fehlermöglichkeiten entstehen.

Kunststoffe als Inlayabdruckmaterial

In den letzten Jahren kamen Selbstpolymerisate in den Handel, welche mit dem bisher üblichen Abdruckwachs konkurrieren. Für diese selbstpolymerisierenden Abdruckkunststoffe wurde die Specification No. 4 der ADA in folgender Weise modifiziert [McLEAN AND MORRANT (13)]:

1. Der Kunststoff muss plastisch in die Kavität gebracht werden können, um alle Details scharf wiedergeben zu können.
2. Der Kunststoff muss genügend hart werden, um ohne Gefahr des Verziehens aus der Kavität entfernt werden zu können.
3. Der Kunststoff muss nach dem Erhärten bearbeitet werden können ohne zu flocken oder zu bröckeln.
4. Der Kunststoff soll durch Farbkontrast zu Weichgeweben und Zahn die Arbeit im Mund erleichtern.
5. Das Kunststoffmodell muss bei den üblichen Temperaturen des normalen Gussverfahrens depolymerisieren, verdampfen oder verbrennen, ohne einen andern Rückstand als Kohlenstoff zu hinterlassen.
6. Die thermische Expansion sollte bekannt sein, um den richtigen Gebrauch des Materials zu sichern, falls man in der Einbettungstechnik die Gussmodellexpansion anwenden möchte.

Darüber hinaus stellt sich wiederum das erste ärztliche Gebot: «Nil nocere!» Das bedeutet für den Kunststoff, dass er keinerlei irreversible Schäden auf die Schleimhaut, auf die lebende Zahnsubstanz und auf den gesamten Organismus ausüben darf.

«DURA-LAY Inlay Pattern Resin»*)

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, zu prüfen, wie weit und ob das genannte spezifische Inlayabdruckkunstharz sich für die Praxis eignet. Nachdem die materialtechnischen Prüfungen durch WIDMER (21) günstig ausfielen, wurden in dieser Studie die klinische Eignung und histologische Verträglichkeit mit der Zahnsubstanz untersucht.

Dura-Lay ist ein selbstpolymerisierendes Akrylat, dessen nähere chemische Zusammensetzung nicht bekannt gegeben worden ist. Beim Pulver handelt es sich um ein Perlpolymerisat von lebhaft roter Farbe. Dura-Lay entspricht den Anforderungen der für Abdruckkunststoffe modifizierten Spezification No. 4 der ADA.

Physikalische Eigenschaften von Dura-Lay

Die vorliegenden Angaben über die physikalischen Eigenschaften von Dura-Lay sind der Arbeit von WIDMER (21) entnommen.

Die bei jeder Polymerisation eintretende *Schrumpfung* beträgt bei Dura-Lay und einem Mischungsverhältnis von $^2/_3$ Polymer und $^1/_3$ Monomer theoretisch rund 7 Vol. %. WIDMER konnte nachweisen, dass diese ungünstigen Werte nur in einer der Praxis nicht angepassten Versuchsanordnung gemessen werden konnten.

---

*) Hersteller: Reliance Dental Mfg. Co. Chicago USA

Er stellte eine lineare Kontraktion der erhärteten Masse von 0,13% bis 0,28% fest, je nach Temperatur und Liegedauer. Die in der Praxis — unter Mitwirkung kompensierender Faktoren wie Druckanwendung, Haftwirkung des noch plastischen Gemisches, Nachtragen von Material — zu erwartende Schrumpfung entspricht grössenmässig etwa der thermischen Kontraktion der Gusswachse. Trotz dieser Schrumpfung zeigten nach den Untersuchungen WIDMERS die Kunstharzmodelle besseren Randschluss und grössere Wiedergabeschärfe als die entsprechenden Wachsmodelle. Es scheint dies auf den Umstand zurückgeführt werden zu können, dass das noch plastische Monomer-Polymer-Gemisch eine sehr grosse Haftintensität an den Kavitätenwänden besitzt, so dass sich die eintretende Schrumpfung nur auf die freiliegenden, ausserhalb des Kavitätenrandes befindlichen Anteile, wie z. B. Kaufläche, auswirken kann.

Ein wesentliches Kriterium, ob ein Material als Inlayabdruckmasse Verwendung finden kann, ist der Anteil der *Verbrennungsrückstände* bei den üblichen Vorwärmetemperaturen des normalen Gussverfahrens. Ausserdem darf das ausbrennende Kunstharz die Oberfläche der Einbettungsmasse nicht ungünstig beeinflussen. Dura-Lay entspricht diesen Anforderungen im Gegensatz zu irgendwelchen unspezifischen Kunstharzen (WIDMER).

Die Verbrennungsrückstände betragen

bei 500° C während 20′ für	Wachs	1,2 %
	Dura-Lay	19,8 %
bei 700° C während 15′ für	Wachs	0,32 ‰
	Dura-Lay	0,42 ‰

Der Unterschied von 0,1 ‰ ist als unbedeutend zu betrachten.

Die *mechanische Festigkeit* von Dura-Lay ist naturgemäss wesentlich grösser als bei Wachs, was ein mehrfaches Einprobieren der Modelle erlaubt. Die Festigkeit erreicht jedoch nicht den Grad der Kunstharze für definitive Füllungen. Die Härte von Dura-Lay entspricht einem Autopolymerisat von geringer bis mittlerer Härte.

Die *Biegefestigkeit* von Dura-Lay wird in feuchtem Milieu sehr ungünstig beeinflusst. Durch dreitägige Lagerung in Wasser erhält das bereits auspolymerisierte Material eine gummiartige Konsistenz. Auch trocken gelagert ist Dura-Lay weicher als ein Füllungskunstharz.

Die *Schubfestigkeit* von Dura-Lay weist anfänglich ähnliche Werte wie andere Akrylate, z. B. Paladon, Akryplast oder Stellon auf, erreicht aber nach sechs Stunden wesentlich höhere Werte, um dann wieder abzufallen.

Dura-Lay genügt nicht den mechanischen Anforderungen für definitive Akrylatfüllungen. Die Brauchbarkeit als Abdruckmaterial wird dadurch aber nicht berührt. Entscheidend ist die grössere mechanische Festigkeit und die gegenüber Wachs bessere Abdruckschärfe.

Probegüsse von WIDMER ergaben, dass Gusstücke von Dura-Lay-Modellen die bessere Passgenauigkeit zeigten als diejenigen von Wachsmodellen. Die Total-

schrumpfung der Gusskörper von Dura-Lay-Modellen beträgt $^3/_4$ von derjenigen von Gusskörpern von Wachsmodellen. Die Probegusskörper wurden auf einem speziell konstruierten Kegelstumpf hergestellt.

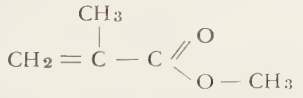
Toxizität der Polymere

Vollständig auspolymerisierte Polymethakrylate zeigen keine toxischen Einflüsse auf die Körpergewebe.

WAERHAUG (20) konnte in einer Untersuchung an Hunden und auf Grund eines autoptischen Materiales feststellen, dass Akrylatkronen keine andere Reaktion der Gingiva und Parodontalgewebe hervorrufen als dies bei Gold- und Porzellankronen der Fall ist. Nach WAERHAUG gibt ein unter dem Zahnfleischsaum liegender Kronenrand — gleichgültig ob aus Gold, Porzellan oder Polyakrylat — keinen Anlass zu Entzündungen oder Taschenbildung, vorausgesetzt, dass der Rand einwandfrei dem Zahnhals anliegt und sich keine Zementreste im Sulcus gingivalis befinden.

RINK (18) versuchte, Zähne und Polymethakrylat in die Alveolen frisch extrahierter Zähne zu implantieren. Diese Zähne aus körperfremdem Material heilten unter nur geringfügigen Entzündungserscheinungen ein, vorausgesetzt, dass kein Restmonomer vorhanden ist. RINK beobachtete eine Liegedauer dieser Implantate von $^1/_4$ bis zu $3^1/_2$ Jahren. Danach wurde das Implantat ausgestossen. Dieses Verhalten scheint darauf zurückgeführt werden zu müssen, dass zwischen dem Implantat und den Geweben der Alveole keine innige, dichte Verbindung im Sinne eines Epithelansatzes zustande kommt. In den bestehen bleibenden Spalt zwischen Alveole und Implantat werden von der Aussenwelt durch Pumpeffekte Fremdkörper angesaugt, welche für die entzündliche Fremdkörperreaktion und das Abstossen des Implantates verantwortlich zu sein scheinen.

LEFAUX (12) untersuchte die Toxizität der Monomere und Polymere. Das Monomer von Methyl-Methakrylat (Methakrylsäure-Methylester = MME) ist ausserordentlich giftig.



Methakrylsäure-Methylester (MME)

Es verursacht Verbrennungen der Gewebe. Im Tierversuch führten 7—13 ccm Monomer auf 1 kg Körpergewicht zum Tode. Dabei spielte es keine Rolle, ob die Substanz auf dem Magen-Darm-Weg, durch Inhalation von Dämpfen oder durch subcutane Injektion in den Organismus gelangte. Bei Injektionen zeigt die Einstichstelle starke Verschorfungen.

Demgegenüber stellte LEFAUX eine gute Gewebeverträglichkeit von Methylpolymethakrylat fest. Das Ersatzstück aus monomerfreiem Methylpolymethakrylat soll im Kontakt mit Knochen gar keine Veränderungen erzeugen und heilt reaktionslos ein. Ein Abstossen des Implantates wurde nicht beobachtet, sofern keine Verbindung mit der Aussenwelt bestand.

Polymethakrylat wird ausser für zahnärztliche Prothesen in der Orthopädie als Knochenersatz, in der Neurologie als Schädeldeckenersatz, in der Ophthalmologie für Kontaktschalen und Augenprothesen etc. verwendet.

BERTZBACH (2) zitiert in einem Sammelreferat eine Arbeit von MOHR in Münster, wonach die handelsüblichen Methakrylatpulver, Paladon, Palapont und Palavit, sowie deren Farbstoffe und Katalysatoren (Benzoylperoxyd) keine gewebeschädigende Wirkung hätten. Es werde nur eine banale Fremdkörperreaktion ausgelöst.

Anders ist die Gewebeantwort auf Monomer. Wie schon LEFAUX feststellte, verursacht MME ins Gewebe injiziert Nekrosen, Verschorfungen und Sequestrierung des betroffenen Gebietes zwischen dem 10. und 19. Tage. Monomer löst in vitro Fette, Oele, Lipoide, Cholesterin, Ceroide und Lecithin auf. Eiweiss wird nicht alteriert. Intraneurale Injektion von Monomer verursacht einen Markscheidenzerfall. Die so geschädigten Nervenfasern regenerieren nicht wieder. Pathologisch-anatomisch handelt es sich um eine akute toxische Entmarkungsneuritis, die auf die Auflösung der Myelinlipoide zurückzuführen sei.

Die Schädigungen der Odontoblastenschicht, die Blutungen und Infiltrationen in der Pulpa werden unmittelbar durch den monomeren MME ausgelöst.

Da in die Kavität eines Zahnes nicht das fertig auspolymerisierte Kunstharz gebracht werden kann, sondern ein Gemisch von Monomer und Polymer, stellen sich verschiedene Fragen und Probleme:

a) Wie äussern sich allfällige schädliche Einflüsse von Monomer auf die Pulpa?

b) Kann die Pulpa vor Monomeranteilen, die durch die Dentinschicht dringen, geschützt werden?

Methakrylsäure-Methylester (MME) ist eine Flüssigkeit mit hoher Oberflächenaktivität. Sie dringt durch kapillare Ritzen und Kanälchen ein, wodurch im Dentin die Gefahr des Vordringens bis zur lebenden Pulpa besteht.

LANGELAND (10) untersuchte die Pulpareaktionen nach Verwendung von «Resinzementen», welche gewisse Aehnlichkeiten mit Selbstpolymerisaten aufweisen. Die ADA gibt hierüber folgendes an: «The resin-cements appear to be essentially acrylic resins and are somewhat similar to the direct filling resins. The liquids appear to be largely methyl-methacrylate monomer.» Weiter stellt die ADA fest: «... that since there is considerable evidence that direct filling resins irritate the pulp, sometimes fatally, a bio-essay is needed before a proper evaluation of the usefulness of the resin-cements can be made.» Die Vorteile von Resinzementen sind die im Mundmilieu hohe Unlöslichkeit, die grosse Bruchhärte und Klebekraft. — LANGELAND untersuchte an intakten Praemolaren, welche aus orthodontischen Gründen zu entfernen waren. Die Beobachtungszeit dauerte von 1 bis 393 Tagen. Es wurden im Pulpagewebe des Kavitätenbereiches festgestellt:

aspirierte Odontoblasten in den Dentinkanälchen, Erythrocyten, Ansammlungen von polymorph-nukleären Leukocyten, Lymphocyten und Plasmazellen. Die Odontoblastenschicht war teilweise zerstört.

Eine von den Herstellern der Resinzemente angegebene Bakterizidität konnte nicht bestätigt werden. Die von den Resinzementen hervorgerufenen Pulpaveränderungen scheinen irreversibel zu sein. Aus diesem Grund rät LANGELAND von der Verwendung dieser Zemente für das Einsetzen von Inlays und Kronen auf Zähnen mit lebender Pulpa ab.

Auf Grund auseinandergehender Ansichten verschiedener Autoren über die pulpaschädigende Wirkung verschiedener Füllungsselbstpolymerisate untersuchte NYGAARD-ØSTBY (14) die Einflüsse von fünf verschiedenen Fabrikaten, und zwar sowohl bei Kindern von 9 bis 13 Jahren als auch bei Erwachsenen von 35 bis 56 Jahren. Die Liegedauer der Füllungen betrug bei den Kindern 1 bis 3 Monate, bei den Erwachsenen 10 bis 14 Monate. Die Versuchskavitäten lagen im gingivalen Drittel der buccalen Flächen. Die Applikation der Füllung erfolgte genauestens nach den Angaben des Herstellers. Mit einer Ausnahme von einer sehr seichten Kavität zeigten alle Zähne, welche mit Kunstharz in Berührung gestanden hatten, pathologische Pulpaveränderungen. Bei den Kinderzähnen fand man Zerstörung der Odontoblasten und des Pulpagewebes direkt unter der Kavität, sowie entzündliche Infiltrate. Es wurden keine Pulpanekrosen beobachtet.

Im Gegensatz dazu manifestierten sich bei Erwachsenen partielle bis totale Pulpanekrosen, aber auch chronische Pulpitiden, welche zur Nekrose führen. In keinem Fall konnte eine Reversibilität der Entzündung festgestellt werden. Klinische Symptome wurden nur im Falle einer apikalen Periostitis nach einer Pulpanekrose beobachtet. In vielen Fällen verlief das Absterben der Pulpen klinisch symptomlos. NYGAARD-ØSTBY glaubt, dass das Monomer für die Pulpaschäden verantwortlich sei.

Eine ähnliche Studie wurde von GROSSMAN (6) unternommen. Die Erfahrung zeigte, dass die Patienten oftmals nach Legen von Kunstharzfüllungen über Schmerzen klagten; in einigen Fällen wurde der Pulpatod kurze Zeit nach Legen der Füllung beobachtet. GROSSMAN gelangt zu folgenden Feststellungen:

1. Eine Pulpanekrose tritt gelegentlich nach Legen von Akrylatfüllungen ein.
2. Die unmittelbare Ursache für die Pulpanekrose ist nicht offensichtlich.
3. Die Pulpanekrose tritt ein ohne Rücksicht auf die Grösse und Tiefe der Kavität.
4. In verschiedenen Zähnen am selben Patienten mit mehreren Kunstharzfüllungen tritt bei einigen Zähnen die Pulpanekrose ohne ersichtlichen Grund, bei anderen Zähnen keine Nekrose ein.

GROSSMAN konnte nicht mit Sicherheit eine direkte Ursache für die Pulpaschädigungen bei Akrylatfüllungen angeben. Er zieht jedoch verschiedene Möglichkeiten dafür in Betracht:

1. *Dentin-Desinfektionsmittel* wie Phenole, Creosote, Thymol usw. reizen die Pulpa. (Bei Selbstpolymerisaten sollte kein Phenol zur Anwendung gelangen, da selbst Spuren dieses Mittels den Polymerisationsvorgang ungünstig beeinflussen.)

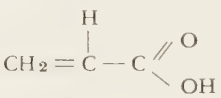
2. *Kavitäten-Präparation:* Thermische Pulpenschäden, Kavitätenboden liegt zu nahe an der Pulpa.

3. *Hitze:* Selbstpolymerisate erhärten unter starker exothermer Reaktion. Bei MOD-Füllungen soll die Erwärmung ungefähr um 5 ° C höher gehen als die normale Mundtemperatur. Bei ganzen Kronen soll die Hitzeentwicklung genügen, um irreparable Schäden zu setzen. Bei Wasserzusatz zum Monomer ist der Temperaturanstieg noch stärker.

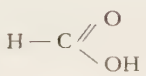
4. *Schrumpfung:* Selbstpolymerisate reagieren mit grösseren Volumenschwankungen auf Temperaturveränderungen als die Zahnhartsubstanz. Die dadurch bedingte variable Spaltbildung im Füllungsrandgebiet erzeugt eine Pumpwirkung und ermöglicht das Eindringen von Bakterien.

5. *Polymerisationskatalysatoren* (Benzoylperoxyde, tertiäre Amine usw.): Der Einfluss der Katalysatoren auf die Pulpa muss der eingehenderen Untersuchung vorbehalten bleiben. (MOHR [zit. Bertzbach 2] stellte fest, dass Benzoylperoxyd keine gewebeschädigende Wirkung hat.)

6. *Unreinheiten:* Im Monomer können als Unreinheiten die toxische Akrylsäure und Ameisensäure auftreten.



Akrylsäure



Ameisensäure

Statistische Erhebungen von GROSSMAN haben ergeben, dass die Pulpanekrose eintritt

a) bei Silikatfüllungen in 2,2 % der Fälle.

b) bei Akrylatfüllungen in 8,4 % der Fälle.

Durch eine gutgelegte Zementunterlage soll nach GROSSMAN eine Pulpanekrose weitgehend verhindert werden können.

GISLER (5) hat allerdings in seinen Untersuchungen feststellen können, dass eine Phosphatzementunterlage keinen absoluten Pulpaschutz darstellt. Er fand unter Kunstharzfüllungen mit solchen Zementunterlagen Hyperaemien, Leukocyten im Pulpagewebe und einzelne Fälle mit Odontoblastenschäden. Es ist jedoch dazu zu bemerken, dass in der Arbeit von GISLER keine Kontrollzähne beschrieben wurden. Es ist daher möglich, dass die erwähnten Pulpaveränderungen auf Präparationstraumen zurückzuführen sind.

Bei der Arbeit von GROSSMAN ist auffallend, dass die Möglichkeit von «Restmonomerschäden» nicht erwähnt ist, zumal die allgemeine Ansicht dahin geht, den MME als Hauptschädiger der Pulpa anzusehen.

Eine weitere Untersuchung von PLISCHKA (16) bekräftigt die Behauptung TRAUNERS, wonach nicht das «Restmonomer» die Hauptschuld an den Pulpaschäden tragen soll, sondern die mechanischen und thermischen Reize während der Kavitätenpräparation einerseits, und andererseits der oft ungenügende Randschluss der Kunstharzfüllungen, welcher das Eindringen von Bakterien bis zum Kavitätenboden ermöglicht («Bakterienpumpe»).

PLISCHKA untersuchte besonders das Eindringungsvermögen von Methakrylsäure-Methylester (MME) im Dentin. MME ist eine sehr leicht flüchtige, farblose Flüssigkeit von geringer Oberflächenspannung. Durch die geringe Oberflächenspannung dringt MME überall in feinste Poren ein. MME ist ein ausgezeichnetes Lösungsmittel für viele organische Stoffe. MME ist lipoidlöslich und wasserunlöslich. — Der Dentinkanal enthält ein Gemisch von wässerigen und lipoiden Anteilen. PLISCHKA machte folgenden Versuch, um die Wirkung der Präparationsmethode in Bezug auf das Eindringungsvermögen von MME aufzuklären:

Frisch extrahierte Zähne wurden vom Schmelz befreit, wobei der Schleifkörper mit Wasserspray gekühlt wurde. Der Zahn wurde anschliessend in MME getaucht, der mit Sudan III zur Sichtbarmachung angefärbt wurde. PLISCHKA stellte fest, dass unter den beschriebenen Bedingungen präpariertes Dentin kein Sudan III aufnimmt, also undurchlässig ist.

Einem zweiten Versuch wurden getrocknete Zähne oder heiss und trocken präparierte Zähne unterworfen. Beim Eintauchen in mit Sudan III angefärbten MME dringt der Farbstoff sofort bis zur Pulpahöhle vor. PLISCHKA nimmt an, dass damit auch der schädliche MME bis zur Pulpahöhle vordringt.

PLISCHKA stellt fest, dass die Pulpa unter *gesundem* Dentin vor einer kurzen Einwirkungsdauer von MME geschützt ist. Es muss darauf geachtet werden, dass eine Austrocknung, Koagulation bzw. Denaturation des Dentinkanälcheninhaltes vermieden wird. Angesichts der starken toxischen Wirkung von monomerem MME empfiehlt es sich deshalb in allen Fällen, zusätzlich eine monomerdichte Membrane auf dem Zahn anzubringen oder eine entsprechende, monomerdichte Unterfüllung aus Zement zu legen.

Die Industrie bringt heute schon verschiedene Kunststoffolien und Verbände auf Polyamid- und Polystyrolbasis auf den Markt, welche sich nach den Untersuchungen von PLISCHKA zum Teil als Schutzlack gegen MME gut eignen sollen.

Die bisher übliche Methode des Pulpaschutzes gegen Monomer war die des Doublierens, d. h. die Kunstharzmasse wird direkt auf den noch plastischen Phosphatzement gebracht. Durch den feuchten Zement soll das Vordringen von Monomer in die Pulparegion vermieden werden. Hierbei ist jedoch auf die besondere Struktur des Zahnes, insbesondere des Verlaufs der Dentinkanälchen zu achten, um einen einwandfreien Pulpaschutz zu erhalten. ADOLPH (1) fordert, dass nicht nur die pulpawärts gelegenen Kavitätenbegrenzungen, d. h. der Kavitätenboden geschützt würden, sondern auch die Kavitätenwände, von welchen aus Dentinkanälchen zur Pulpa führen. ADOLPH schlägt eine Modifikation der nach rein mechanischen Gesichtspunkten aufgebauten Black'schen Kavitätenpräparation vor. Nach ADOLPH sollen die seitlichen Kavitätenwände parallel zum radiären Verlauf

der Dentinkanälchen und die zervikale Stufe parallel zur Verlaufsrichtung der pulpa- bzw. apikalwärts ziehenden Dentinkanälchen gestaltet werden. Eine «partiell tote Zone» im Zahn muss vermieden werden (besonders bei Kavitäten für Silikatzementfüllungen). Unter «partiell toter Zone» versteht ADOLPH ein Gebiet von Dentin, in welchem die Dentinkanälchen keine direkte Verbindung zur Pulpa hin haben. Der Zahn wird in jenem Gebiet spröde wie ein marktoter Zahn und die Möglichkeit eines Abbröckelns des Kavitätenrandes wird vergrössert.

Eigene Untersuchungen

Unsere Untersuchungen waren klinischer und histologischer Natur. Die klinischen Befunde wurden an 43 Erwachsenen erhoben. Die histologischen Untersuchungen erfolgten bei 16 Kindern an 34 Zähnen, welche aus orthodontischen Gründen zu entfernen waren; gleichzeitig wurden auch bei dieser Gruppe die klinischen Befunde miterhoben.

A) Klinische Studie

Das Ziel dieser Studie ist, die Eignung von «Dura-Lay» als Inlayabdruckmaterial für die direkte Abdruckmethode zu prüfen, nachdem die materialtechnischen Untersuchungen von WIDMER (21) für dieses Material günstig ausfielen. Zu diesem Zweck haben wir an 43 Poliklinikpatienten im Alter von 18 bis 60 Jahren über 100 Inlayabdrücke nach der direkten Methode genommen und anschliessend die entsprechende Goldgussfüllung eingesetzt. — Die Zähne wurden während der Präparation auf ihre Pulpavitalität geprüft. Nach einer Zeit von 3 bis zu 15 Monaten nach Einsetzen der Inlays wurden die Patienten wieder zur Kontrolle bestellt, wobei speziell auf die Pulpavitalität derjenigen Zähne geachtet wurde, welche mit Dura-Lay in Berührung kamen. Die Applikation des Abdruckmaterials erfolgte nach den Angaben des Herstellers.

Technisches Vorgehen

Die Inlaykavität wird wie üblich nach den klassischen Regeln präpariert. Die Wände werden mit einem querhiebfreien Inlaybohrer, die Stufen mit Gingivalrandschrägern, die Kastenränder mit feinen Papierdisks und die okklusalen Ränder mit einem Steinchen finiert. Speichel wird entweder mit Hilfe von Kofferdamm oder wie in den meisten Fällen mit Watterollen und Automaton von der Kavität ferngehalten. Nach dem Trocknen der Kavität mit Alkohol und Methylenchlorid wird sie mit dem vom Hersteller von Dura-Lay mitgelieferten Isolierfett sorgfältig dünn ausgestrichen. Dieses Fett hat zwei Aufgaben:

a) Schmierfilm, welcher das Entfernen des Kunststoffmodells erleichtern soll.

b) Isoliermittel, welches verhindern soll, dass Dura-Lay-Monomer in die Dentinkanälchen eindringt.

Es ist zu empfehlen, die Kavität *vor* dem Anlegen der Matrize mit Fett auszustreichen, um einen Ueberschuss an Isoliermitteln im Winkel zwischen Zahn und Matrizenband zu vermeiden. Ein Ueberschuss von Fett an jener Stelle hat schlechten Randschluss zur Folge.

Nach dem Anlegen der Matrize (in den meisten Fällen wurden Ivory-Bandmatrizen verwendet) vergewissert man sich, ob die Kavität einwandfrei trocken ist und weder Speichel noch Blutspuren aufweist. Irgendwelche Feuchtigkeitsspuren stören den Polymerisationsvorgang; das Kunstharz bleibt in jenen Bezirken gummiartig weich. Weiterhin ist darauf zu achten, dass die Kavität keine Unterlage aus ZnO-Eugenol bzw. ZnO-Nelkenöl oder Kalsøgen aufweist. — Eugenol und andere ätherische Oele stören ebenfalls den Polymerisationsvorgang, und das Kunstharz bleibt in jenen Bezirken ebenfalls gummiartig. Bei sehr tiefen Kavitäten, wo eine Unterfüllung aus ZnO-Eugenol oder Kalsøgen notwendig ist, muss diese mit Phosphatzement überdeckt werden. Unterfüllungen aus Phosphatzement stören den Polymerisationsvorgang nicht und können liegen gelassen werden.

Wenn alle diese Bedingungen erfüllt sind, kann die Kavität mit Dura-Lay gefüllt werden. Wir haben dazu ausschliesslich die Pinselmethode angewandt, um die bei der Polymerisation auftretende Schrumpfung möglichst auszugleichen. Der Hersteller gibt als zweite Methode die «Teigmethode» an, d. h. ein plastisches, teigiges Gemisch von Monomer und Pulver wird direkt unter Druck in die Kavität gebracht.

Für die Dura-Lay-Pinsel-Technik werden zwei Dappengläschen bereitgestellt. Im einen Gläschen befindet sich Pulver, im andern Monomerflüssigkeit. Man tupft mit einem geraden oder abgekröpften Aquarellpinsel, der mit Monomer getränkt ist, etwas Pulver auf. Das am Pinsel hängenbleibende Pulver vermischt sich sofort mit dem Monomer und bildet einen leicht ausstreichbaren Brei. Zuerst werden die approximalen Kavitätenkasten oder die zutiefst liegenden Anteile mit diesem Brei ausgestrichen, wobei besonders an den Rändern darauf zu achten ist, dass keine Luftblasen miteingeschlossen werden. Auf diese Art wird schrittweise die ganze Kavität gefüllt, wobei der Speichel peinlichst vom erhärtenden Kunststoff ferngehalten werden muss. Nach einer Wartefrist von ca. 8 Minuten ist der Abdruck soweit auspolymerisiert, um die Matrize entfernen zu können. Zutritt von Speichel hat nun auch keinen klinisch feststellbaren Einfluss mehr auf die Härte des Abdrucks.

Es wurde registriert, ob das Auftragen von Dura-Lay-Brei auf den Zahn *Schmerzen* verursacht. Bei 116 modellierten Inlays reagierten 11 Zähne mit Schmerzen, wobei die Kavität oftmals sehr tief war.

Im harten Zustand kann nun das Inlay auf die zentrische Okklusion, auf Vor- und Seitbissbewegungen mit Hilfe grosser Rosenbohrer, Steinchen, Finierer usw. eingeschliffen werden. Beim Einschleifen der Inlays kommt die rote Farbe sehr zustatten, da die Marken des meist üblichen blauen Artikulationspapiers gut sichtbar sind. Allfällige Ueberschüsse an den Kavitätenrändern werden mit Papierdisks weggenommen.

Wenn der Abdruck fertig ausgearbeitet ist, wird er mit einem scharfen Instrument (Zbinden-Scaler, Kronenentfernungszange etc.) aus der Kavität herausgehebelt.

Falls die Kavität auch nur schwach unter-sich-gehende Stellen aufweist, gelingt es infolge der Härte des Materials unter keinen Umständen, den Abdruck zu entfernen. Es bleibt in diesem Falle nichts anderes übrig, als den Dura-Lay-Abdruck herauszubohren und die Kavität entsprechend zu korrigieren.

Die grosse mechanische Festigkeit des Materials erlaubt es, einen Abdruck mehrmals einzusetzen und wieder zu entfernen, ohne dass er dadurch in seiner Genauigkeit ungünstig beeinflusst würde.

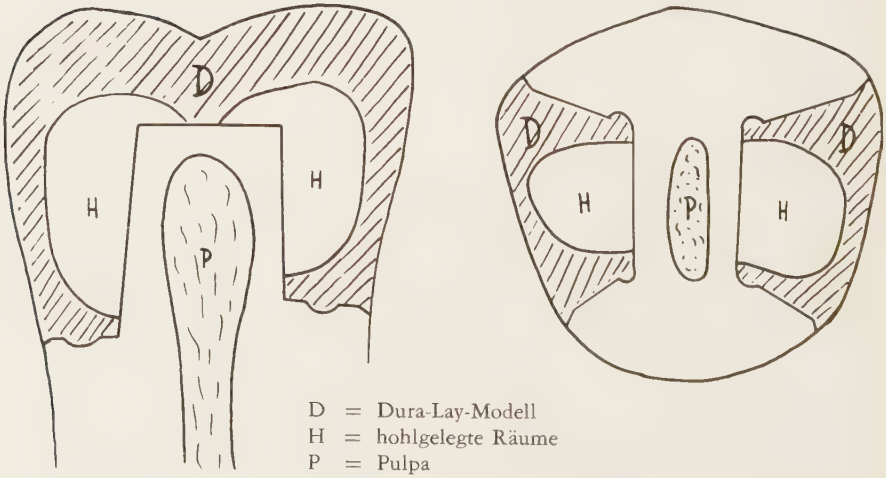
Falls bei der Kontrolle des Abdrucks schlecht ausgeflossene Stellen festgestellt werden, können diese mit einem Bohrer entfernt werden. Der restliche Abdruck wird wieder in die Kavität eingesetzt, und das fehlende Stück kann erneut mit Dura-Lay aufgefüllt werden. Der frisch eingefüllte Kunstharzbrei verbindet sich einwandfrei mit dem schon auspolymerisierten Restabdruck, vorausgesetzt, dass die vorher erwähnten Bedingungen erfüllt sind.

Ausserhalb des Mundes können am Dura-Lay-Modell die Kontaktpunkte mit blauem Inlaywachs aufgetragen werden. Der Farbkontrast rot-blau gestattet dabei eine genaue Kontrolle über die Ausbreitung des blauen Wachses; falls Wachs auf die Stufe geflossen ist, lässt sich dieses leicht entfernen, ohne dass der Abdruck dabei Schaden nähme. — Dicke, massive Kasten, die viel Gold enthalten würden, können mit einem Rosenbohrer hohlgelegt werden. Die Abbildungen 1 und 2 zeigen einen Längsschnitt, bzw. einen Querschnitt durch einen Zahnstumpf mit einem Dura-Lay-Inlay-Abdruck, aus welchen ersichtlich ist, wie die Kasten schon im Abdruck hohlgelegt werden.

Abbildung 1: (Längsschnitt)

Abbildung 2: (Querschnitt)

Hohllegen der tiefen Kavitätenkasten im Dura-Lay-Modell (Goldersparnis)



D = Dura-Lay-Modell
H = hohlgelegte Räume
P = Pulpa

Die Gusstifte werden mit etwas blauem Inlaywachs am Abdruck befestigt. Es ist dabei vorteilhaft, an der Stelle, wo der Gusstift angesetzt werden soll, eine kleine Vertiefung im Dura-Lay-Modell anzubringen. Der Stift findet in der Vertiefung besseren Halt, und man läuft weniger Gefahr, dass der Abdruck beim Einbetten vom Gusstift abbricht. Ebenso empfiehlt es sich, genau wie bei Wachsabdrücken, etwa 1 bis 2 Millimeter vom Gussobjekt entfernt einen verlorenen Kopf anzubringen, um die Erstarrungskontraktion des Goldes auszugleichen.

Nachdem das Gussmodell auf einem Kegel montiert ist, wird es entfettet. Dazu sollte kein Alkohol verwendet werden, da dieser in der Kunstharzoberfläche Mikrorisse verursacht, die das Gusstück ungünstig beeinflussen könnten. An dessen Stelle können «Kerr-Debubblizzer» (Lösung einer polyvalenten Seife) oder eine Lösung von Vel, Pour-tout (synthetische Waschmittel, welche die Oberflächenspannung stark herabsetzen) oder ähnliche Produkte verwendet werden.

Zur Einbettung wurde die am Zahnärztlichen Institut Zürich allgemein gebräuchliche Einbettungsmasse der Firma ‚E. Ruscher' in Zürich verwendet. Bei allen Inlays wurde die Kerneinbettung durchgeführt. Die Masse zur Kerneinbettung wurde zur Verminderung von Luftblasen durch eine Wasserstrahlpumpe in einem Unterdruckgerät entlüftet. Mit einem Pinsel wird die Masse auf das Dura-Lay-Modell aufgetragen und auf jede Lage etwas Pulver eingeriffelt. Die Sorgfalt, mit der dies geschieht, ist mitentscheidend für die Glätte der Gussoberfläche. — Nach Erhärten des Kerns wird der Gusszylinder mit Einbettmasse aufgefüllt. An die Metallwand wird ein feuchter Asbestkartonstreifen gelegt, der die Expansion der Einbettmasse beim Vorwärmen aufnehmen soll (Abb. 3).

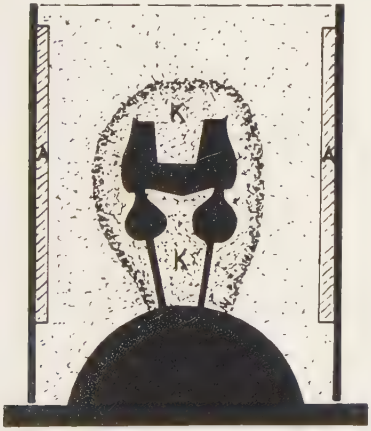


Abbildung 3:
Einbettung der Modelle
Kerneinbettung und Asbestkartonmantel

A = Asbestmantel
K = Kerneinbettung

Nach mindestens 1½ Stunden kann mit dem Ausbrennen und Vorwärmen begonnen werden. Das Ausbrennen erfolgte in einem thermostatisch geregelten, elektrischen Ausbrennofen bei einer Temperatur von 250 ° — 300 ° C während etwa 40 Minuten. Hier wird das Wachs und das Dura-Lay verflüssigt, depolymerisiert

und zum Teil aus der Form ausgetrieben oder verbrannt. Es ist von einiger Bedeutung, dass die Temperatur von 200 ° C langsam erreicht wird. OCHMANN (15) stellte in seinen Versuchen mit «Palavit ‚G'» (Kulzer) beim Ausbrennen ein dem Dura-Lay ähnliches Verhalten fest. Bei zu raschem Aufwärmen auf die Depolymerisationstemperatur bläht sich der Kunststoff unter den stürmisch entweichenden Monomerdämpfen blasig auf und könnte dadurch die glatte Oberfläche der Kerneinbettung beschädigen. — Anschliessend wird die Muffel für 30 bis 40 Minuten in den elektrischen, thermostatisch regulierten Vorwärmofen von ca. 720 ° C gebracht. Hier verbrennen die noch restlichen Anteile von Dura-Lay oder Wachs bis auf den zu vernachlässigenden minimalen Rest von 0,42 ‰ des Anfangsgewichtes. Eine längere Zeitdauer für das Ausbrennen und Vorwärmen hat keinen nachteiligen Einfluss auf das Gusstück.

Für den Guss gelangte fast ausschliesslich das Dampfdruckgussverfahren mit der «Solbrig-» oder «Tell-Presse» zur Anwendung. Nach dem Giessakt wurde der Dampfdruck jeweils noch für einige Sekunden aufrechterhalten.

Als Gold wurde ausschliesslich das am Zürcher Zahnärztlichen Institut gebräuchliche Inlaygold «Neocast 4» der Firma ‚Cendres et Métaux S. A.' in Biel verwendet, wobei jeweils schon vergossenes Gold (Gusskopf von vorhergehenden Güssen) mit etwas neuem vermischt wurde.

Die Muffel wurde zum Abkühlen beiseite gestellt; sie wurde niemals im Wasser abgeschreckt.

Das Ausarbeiten der Inlays erfolgt nach der üblichen Methode: Ausbetten, Absäuern in 10 % SO_4H_2, Beschleifen, Polieren, Einsetzen.

Das zur Probe eingesetzte Inlay wurde auf Bisshöhe, Vor- und Seitbiss mit Farbpapier geprüft. Durch das Ansetzen der Gusstifte ist es möglich, dass die Bisshöhe des bereits eingeschliffenen Dura-Lay Inlays nochmals an den Ansatzstellen etwas verändert werden kann. Auf guten Randschluss wurde besonders Wert gelegt. Dieser wurde mit einer scharfen, geraden, sowie an der Stufe mit einer Häkchensonde kontrolliert. Falls sich irgendwo eine Spalte fand, in welcher die Sondenspitze hängenblieb oder gar darin versenkt werden konnte, so wurde das Inlay als ungenügend bezeichnet, sofern die Spalte nicht durch Anpolieren geschlossen werden konnte. Der Rand soll mit der Sonde nicht oder nur schwach spürbar sein.

Als Zement wurde ausschliesslich der am Zürcher Zahnärztlichen Institut vorwiegend gebrauchte «De Trey's Improved Phosphat-Cement» verwendet. Dieser wurde zu sahniger Konsistenz angerührt, so dass er jeweils nach ca. 15 Minuten genügend erhärtet war, um die Ueberschüsse wegzusprengen. — Solange der Zement noch weich war, wurden die Inlayränder mit einem gerieften Schlagpolierer angezogen.

Resultate

Es wurden im ganzen 116 Inlays nach beschriebener Methode aus Dura-Lay modelliert; davon haben 10 Abdrücke ungenügende Inlays abgegeben, so dass 106 Inlays eingesetzt werden konnten. Die Verteilung der Inlays im Gebiss geht aus Tabelle I hervor.

Tabelle I

Verteilung der Inlays im Gebiss und Misserfolge

	Molaren			Praemolaren		Frontzähne						Praemolaren		Molaren		
Misserfolg			(1)										(1)			
Eingesetzte Inlays	0	4	3	6	5	0	0	0	1	0	1	4	5	5	4	0
Zahn OK	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8
Zahn UK	8	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7	8
Eingesetzte Inlays	1	5	4	8	9	3	0	1	1	3	0	8	8	9	7	1
Misserfolg		(2)	(1)	(1)		(1)		(1)					(2)			

Frontzähne 10 (2) Praemolaren 53 (4) Molaren 43 (4)

Die Misserfolge und ihre Ursachen, soweit sie bekannt sind, seien hier zusammengestellt:

1) $\lfloor\overline{5}$ Inlay sitzt zu stramm, passt nicht ganz in Kavität. Wand beim Einprobieren weggesprengt.

2) $\overline{2}\rfloor$ Gold nicht ausgeflossen, Ränder schartig. — Ursache unbekannt. Dura-Lay-Rückstände, zu wenig lange und zu wenig heiss ausgebrannt? Beschädigung der Gussform? Zu wenig Dampfdruck?

3) $\overline{6}\rfloor$ Guss sehr rauh, Ränder nicht ausgeflossen. — Ursache unbekannt.

4, 5) $\overline{7\text{-}5}\rfloor$ Inlaybrücke direkt im Munde modelliert. — Brücke verzogen, einzelne Inlays passen nicht, Stufen weisen Spalten auf. — Ursache unbekannt.

6) $\underline{6}\rfloor$ Zahnhalskavität, zum Teil unter Zahnfleischsaum gelegen, verunmöglicht Kavität für längere Zeit trocken zu halten. Polymerisation gestört.
→ Wachsabdruck

7) $\overline{7}\rfloor$ Riesige Kavität, Grenzfall für Inlay. — Inlay passte nicht. — Ursache unbekannt.
→ Amalgamfüllung

8) $\lfloor\underline{5}$ Spalt auf Stufe, Inlay verzogen; Möglichkeit, dass Dura-Lay zu früh entfernt wurde?

9) $\overline{5}\rfloor$ Speichelüberschwemmung, Dura-Lay bleibt weich.

10) $\overline{3}\rfloor$ Gold nicht geflossen. Glühende Muffel wurde fallen gelassen. Kanal verstopft?

Die von Dura-Lay-Modellen hergestellten Inlays sitzen ausnahmslos sehr straff. In vielen Fällen war die Entfernung des ohne Zement zur Probe eingesetzten Inlays sehr schwierig. Bei 34 der eingesetzten Inlays mussten die kavitätenwärts gelegenen Teile leicht beschliffen werden, um ein besseres Einzementieren zu ermöglichen. Diese Gussfüllungen sassen z. T. derart stramm, dass die Gefahr bestand, beim Festhämmern oder Entfernen der Füllung einen Teil des Zahnes wegzusprengen. Das Beschleifen wurde mit feinen Carboroundspitzen oder Fissurenbohrern ‚à bout rond' ausgeführt, wobei darauf geachtet wurde, nur bis ca. 1/2 mm an den Rand

heran zu schleifen. Auf diese Weise wurde erreicht, dass sich der Rand durch leichte Federwirkung besonders eng an den Zahn anschmiegt. — Entgegen der Erwartung auf Grund der Untersuchungen WIDMERS über das Volumverhalten konnte klinisch kein Unterschied in der Passgenauigkeit festgestellt werden, ob das Dura-Lay-Modell bis zur Einbettung kurze Zeit oder mehrere Stunden bis Tage gelagert wurde. Soweit dieses Verhalten registriert wurde, ergibt sich folgendes Bild über die Passgenauigkeit:

Tabelle II

Passgenauigkeit der nach der direkten Dura-Lay-Methode hergestellten Inlays nach verschieden langer Lagerungszeit zwischen Modellieren und Einbetten.

Einbettung	sofort	Inlay passt sofort	5
		Inlay passt nach leichter Retouche	4
		Inlay passt nach viel Beschleifen	3
»	nach 1½ Stunden	Inlay passt sofort	1
		Inlay passt nach leichter Retouche	2
		Inlay passt nach viel Beschleifen	0
»	nach mehr als 1½ Stunden	Inlay passt sofort	11
		Inlay passt nach leichter Retouche	10
		Inlay passt nach viel Beschleifen	1

3 bis 15 Monate nach Einsetzen der Inlays wurden die Patienten zur Nachkontrolle bestellt. Es wurden Randschluss bzw. Sekundärkaries, Pulpavitalität und eventuelle sonstige Beschwerden der Patienten kontrolliert. Die Pulpasensibilität wurde fast ausschliesslich mit dem elektrischen Pulpentester «Dentotest» geprüft. In Zweifelsfällen, z. B. bei ¾-Kronen, wurde der Befund zusätzlich noch mit CO_2-Schnee erhärtet. — Es zeigte sich, dass von den 101 Zähnen mit anfänglich lebender Pulpa kein einziger marktot geworden war, auch wenn grosse, schwierige Kunstharz-Abdrücke wiederholt genommen werden mussten, oder wenn der Zahn auf das Auftragen von Dura-Lay-Brei schmerzhaft reagiert hatte. 22 Zähne konnten nicht kontrolliert werden, da die Patienten zur Kontrolle nicht erschienen. In einem Fall wurde nach 13 Monaten an einem 3— Sekundärkaries gefunden. Dabei ist zu bemerken, dass am betreffenden Zahn eine Klammer einer sog. sinkbaren Teilprothese scheuerte und die Mundhygiene der Patientin zu wünschen übrig liess. — Eine Patientin, bemerkenswerterweise selbst Zahnärztin, klagte während etwa 2 Monaten nach Einsetzen des Inlays über leichte hyperaemische Beschwerden, obschon der Zahn bei der Abdrucknahme mit Dura-Lay nicht mit Schmerzen reagiert hatte; nach längerem Abwarten legte sich die Ueberempfindlichkeit und die Pulpa reagierte normal auf die Vitalitätsproben. — Ein anderer Patient klagte nach 5 Monaten über Empfindlichkeit angeblich auf «warm». Eine nochmalige Kontrolle ergab einen leichten vorzeitigen Schlussbiss-Kontakt auf dem Inlay. Nach Entfernen des vorzeitigen Kontaktes verschwanden auch diese Beschwerden.

Die nachfolgende *Tabelle III* (vgl. S. 21) gibt eine Zusammenstellung aller Inlays, Pulpasensibilität (Vitalität) der Zähne bei der Präparation und bei der Nachkontrolle, Pulpareaktionen beim Auffüllen mit Dura-Lay-Brei, Gussoberfläche und Passgenauigkeit der Inlays.

Tabelle III

Zusammenfassung der Pulpareaktionen vor der Kavitätenpräparation, bei der Inlaymodellation mit Dura-Lay und nach der Kontrollzeit. - Gussoberfläche und Passgenauigkeit der Gusstücke.

Inlay	Anfangsbefund der Pulpa			Kontrollbefund der Pulpa				Pulpaschmerz bei der Modellation			Gussoberfläche			Passgenauigkeit der Inlays				Total	(Mass-erfolg)
	vital	devital	ohne Angabe	vital	devital	devital geworden	ohne Angabe oder nicht erschienen	Schmerz beim Auffüllen	ohne Schmerz beim Auffüllen	ohne Angabe	glatt	rauh	ohne Angabe	passt sofort	passt nach Beschleifen	passt nicht	keine Angabe		
Frontzähne																			
Zahnhals	3	-	-	3	-	-	-	-	1	2	1	-	2	3	-	-	-	3	
Eckenaufbau	3	-	-	2	-	-	1	1	2	-	3	-	-	3	-	-	-	3	
Stiftchen	4	-	-	3	-	-	1	2	1	1	2	1	1	2	-	2	-	4	(2)
Moserstift	-	2	-	-	2	-	-	-	-	-	2	-	-	2	-	-	-	2	
Praemolaren																			
centrale	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
MO - OD	21	4	2	17	4	-	6	1	16	6	18	3	6	17	7	1	2	27	(1)
MOD	23	-	1	21	-	-	3	5	11	8	14	2	8	13	6	3	2	24	(3)
Kauflächen	3	3	-	-	3	-	3	-	2	1	3	2	1	2	4	-	-	6	
Zahnhals	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Molaren																			
centrale	4	1	-	2	1	-	2	-	4	-	4	-	1	4	1	-	-	5	
MO - OD	20	-	-	15	-	-	5	-	13	7	15	1	4	10	10	-	-	20	
MOD	13	1	-	12	1	-	1	1	7	5	11	2	1	6	5	2	1	14	(2)
Kauflächen	5	1	-	5	1	-	-	1	2	2	1	-	5	4	1	1	-	6	(1)
Zahnhals	2	-	-	2	-	-	-	-	2	-	1	1	-	1	-	1	-	2	(1)
Brücken	2	-	-	2	-	-	-	-	-	2	1	-	1	-	1	1	-	1	(1)

Diskussion (klinischer Teil)

Dura-Lay bietet gegenüber der herkömmlichen Inlay-Abdruckmethode mit Wachs verschiedene grosse Vorteile, deren wichtigster die grosse mechanische Festigkeit des Kunstharzes ist. Damit verbunden ist die unerbittliche Kontrollmöglichkeit der Mängel in der Kavitätenform, wie beispielsweise unter-sich-gehende Kavitätenwände.

Infolge der Festigkeit des Materials bieten auch direkte Abdrücke von Kauflächenüberdeckungen, komplizierten Verankerungen mit parapulpären Stiftchen oder Moserstiftverankerung im Wurzelkanal keine besonderen Schwierigkeiten mehr. — Das Material erlaubt auch Inlaybrücken, Richmondkronen (allerdings nur nach indirektem Abdruck mit Kupferstumpfmodell) oder ganze Parodontoseschienen [CONOD (3)] direkt im Munde des Patienten zu modellieren und in einem Stück zu giessen. Von den zwei auf diese Weise hergestellten Brücken passte eine allerdings nicht und die andere erst nach längerer Schleifarbeit. Es kann sein, dass bei der Einbettung eine ungenügend hochqualifizierte Einbettmasse, wie z. B. Cristobalite, verwendet wurde, so dass meine Resultate nicht befriedigend ausfielen.

Das gegossene Inlay ist sehr rasch ausgearbeitet und einsetzbereit, da das Modell schon weitestgehend am Zahn im Munde des Patienten ausgearbeitet werden kann. Die Goldverluste halten sich daher in bescheidenem Rahmen, zumal grosse Materialdicken, z. B. in tiefen approximalen Kasten, schon im Abdruck mit Leichtigkeit hohlgelegt werden können (vgl. Abb. 1 und 2, Seite 16).

Die Gussoberflächen waren im allgemeinen sehr schön glatt und wiesen nach dem Absäuern in 10% SO_4H_2 einen matten, samtartigen Glanz auf.

Bei rauhen Güssen wurde entweder zu wenig sorgfältig entfettet, zu rasch aufgeheizt, oder es waren im Abdruck zu wenig Wachsanteile vorhanden. Es hat den Anschein, dass bei raschem Erhitzen auf 250 ° C ein gewisser Anteil an Wachs von Vorteil ist, da dieses vor dem Kunststoff verflüssigt wird und aus der Gussform entweicht. Der frei werdende Raum kann nun von dem unter schaumiger Blasenbildung stürmisch depolymerisierenden Kunststoff beansprucht werden, ohne dass die Oberflächen in der Gussform dabei ungünstig beeinflusst würden.

Den grossen Vorteilen stehen auch einige Nachteile gegenüber. — Der wesentlichste davon ist die grosse Empfindlichkeit auf Feuchtigkeitszutritt, Speichel, Blut etc. während des Polymerisationsvorgangs. Zusätzlich nachteilig wirkt sich auch die relativ lange Polymerisationszeit von rund 8 Minuten aus, bis der Abdruck überhaupt bearbeitet und dann entfernt werden kann. Während dieser Zeit ist Dura-Lay auf Feuchtigkeitszutritt empfindlich, d. h. der Polymerisationsablauf wird gestört und die Masse bleibt gummiartig weich. Dieser Umstand erschwert die Abdrucknahme bei Patienten mit starkem Speichelfluss ganz erheblich, besonders an Molaren des Unterkiefers. — WIDMER stellte in seinen Versuchen fest, dass Dura-Lay bis zur 7. Minute nach Mischbeginn auf Druck mit plastischer Verformung reagiert. Während dieser Zeit ist bei Patienten mit starkem Speichelfluss ein häufiger Wechsel von Watterollen unerlässlich, was mit Speichelzieher, Matrizenhalter und möglicherweise Automaton nicht immer ganz einfach ist.

Ein weiterer kleiner Nachteil, allerdings nicht spezifisch für Dura-Lay, sondern allgemein für Autopolymerisate auf Methakrylsäure-Methylester-Grundlage, ist der Umstand, dass Eugenol und andere ätherische Oele den Polymerisationsablauf hemmen. Ein Dura-Lay-Abdruck auf einer ZnO-Eugenol- oder Kalsøgen-Unterlage polymerisiert nicht richtig aus und behält eine gummiartige Konsistenz. Bei sehr tiefen Kavitäten muss aber eine Unterlage aus einem dieser Materialien immer noch mit Phosphatzement überdeckt werden.

Zahnhalsinlay-Abdrücke mit Partien, welche unter dem Zahnfleischrand liegen, können mit Dura-Lay nicht gemacht werden, ebensowenig Wurzelkappen (für Richmondkronen, Dolderstege, Gerberzylinder etc.), da die Randgebiete nicht genügend lange trocken gehalten werden können.

Abschliessend kann gesagt werden, dass Dura-Lay sehr genaue, straff sitzende Inlays abgibt. Ein geübter Praktiker kann allerdings einen direkten, einfachen *Wachsabdruck* in kürzerer Zeit einbettfertig herstellen als einen Dura-Lay-Abdruck. Die Kunstharzabdruckmasse ist aber eine willkommene Erleichterung für alle schwierigeren Fälle, welche sonst die indirekte Abdruckmethode und entsprechende Laborarbeit erfordert hätten.

Irgendwelche nachteilige Monomereinflüsse auf die Pulpa konnten klinisch nicht festgestellt werden.

B) Histologische Studie

Nachdem Dura-Lay in der Klinik sich als Inlay-Abdruckmaterial bewährt hat und auch klinisch keine Pulpareizungen durch Dura-Lay hervorgerufen beobachtet werden konnten, war es das Ziel dieser zweiten Untersuchung, zu prüfen, ob Dura-Lay histologisch fassbare Schädigungen im Pulpagewebe hervorruft.

Anordnung der Untersuchung und technisches Vorgehen

An Kindern von 9—15 Jahren wurden an 34 intakten, wenn möglich homologen Praemolaren, welche aus orthodontischen Gründen extrahiert werden mussten, mit Diamantschleifern bei 25 000 T/min und Wasserspray-Kühlung buccale Kavitäten auf Höhe des Zahnfleischsaumes ungefähr 2 mm tief bis ins Dentin geschliffen. Die Kavitäten wurden wie für definitive Abdrücke mit Alkohol und Methylenchlorid getrocknet, mit Isolierpaste ausgestrichen und mit Dura-Lay nach der Pinselmethode gefüllt. — Eine zweite Serie wurde *nicht* mit Isolierfett angestrichen und das Dura-Lay direkt auf den Zahn gebracht, um festzustellen, ob eine schlechte, bzw. unterlassene Isolierung einen schädlichen Einfluss auf die Pulpa ausübe.

Anschliessend wurde der Zahn mit nicht-reizendem Fletcher-Zement verschlossen. Bei homologen Zähnepaaren diente ein Zahn als Kontrolle, d. h. er wurde unter denselben Bedingungen angeschliffen und mit Fletcher-Zement verschlossen, jedoch nicht mit Dura-Lay in Berührung gebracht. Nach einer Zeit von 5—8 oder 14—16 Tagen wurden die Zähne in Terminal-, in seltenen Fällen in Leitungsanaesthesie extrahiert. Die Zangenbranchen wurden wenn möglich mit Gazetupfern

gepolstert, um die Krafteinwirkung zu verteilen und lokale Zertrümmerungen und Zangentraumen in der Pulpa zu vermeiden (was allerdings nicht durchwegs gelungen ist!).

Die Zähne wurden nach der Extraktion vom Zahnsäckchen befreit und während mindestens 24 Stunden in 10% Formalin fixiert (Formaldehydum solutum 35 Gewichtsprozent verdünnt mit H_2O im Verhältnis 1:9).

Die Zähnepaare 1—6 wurden während 4—6 Monaten in EDTA bei Zimmertemperatur entkalkt (Entkalkungslösung EDTA = Lösung von Aethylendiamin-Tetraessigsäure-Tetranatriumsalz auf pH ca. 7,4 gepuffert, $^1/_{15}$ molar).

Für die Zähnepaare 7—16 wurde das Druckentkalkungsverfahren nach NELISSEN angewandt. Die Zähne werden in 5% HNO_3 bei 37° C während 35 Stunden unter 2 Atm. Ueberdruck entkalkt. Zwischen den beiden Entkalkungsverfahren waren histologisch keine Unterschiede feststellbar.

Von allen Zähnen wurden Serien-Gefrierschnitte von 10—15 μ Dicke angefertigt, wobei ungefähr jeder achte bis zehnte Schnitt eingebettet wurde. Beim Versuch, dünnere Schnitte herzustellen, wurde das Pulpagewebe zerrissen, so dass diese Schnitte nicht mehr histologisch ausgewertet werden konnten.

Bei allen Präparaten wurde eine Doppelfärbung mit Hämalaun-Eosin durchgeführt. Das saure Hämalaun nach P. MAYER färbt die Zellkerne leuchtend blau, Knorpel dunkelblau an. Das übrige Gewebe bleibt ungefärbt oder wird schwach graublau. Eosin färbt alle übrigen Gewebsanteile rot an, wobei die eosinophilen Granula, Kernkörperchen und Erythrocyten den Farbstoff besonders stark festhalten.

Histologische Untersuchung

Von insgesamt 34 Zähnen dienten 15 Zähne als Kontrollen; 9 Zähne wurden mit Isolierpaste ausgestrichen und mit Dura-Lay gefüllt, 9 Zähne mit Dura-Lay *ohne* Isolierpaste gefüllt, und 1 Zahn wurde mit reinem Dura-Lay-Monomer getupft.

Von den 34 Zähnen wurden im Kavitätenbereich total 496 Schnitte hergestellt, von welchen 301 Schnitte histologisch untersucht wurden, d. h. von jedem Zahn wurden rund 9 Schnitte beurteilt. Es wurde dazu ein Zeiss-Winkel-Binokularmikroskop benutzt.

Die Untersuchung wurde bei verschlüsselten Präparaten durchgeführt, d. h. in Unwissenheit, ob Präparat «a» oder «b» Kontroll- bzw. Experimentierzahn ist.

Bei jeder Kavität wurde die kürzeste Distanz zwischen Kavitätenboden und Pulpacavum gemessen. Absichtlich wurde nicht den Dentinkanälchen entlang gemessen, da diese Messart der Praxis weniger angepasst zu sein scheint.

Präparate mit zu vielen Artefakten wurden nicht berücksichtigt.

LANGELAND (11) hat auf Grund zahlreicher Untersuchungen über Pulpareaktionen auf Füllungsmaterialien festgestellt, dass viele Gewebsveränderungen, welche bisher als pathologische Vorgänge gewertet wurden, auch in histologischen Präparaten von klinisch gesunden Kontrollzähnen gefunden werden können. LANGELAND versucht ein Bild von der «normalen» Pulpa festzulegen, wobei die normale Pulpa nicht mit der fehlerfreien Idealpulpa des Lehrbuches identisch sein muss.

Das Vorhandensein einer eosinophilen Zone braucht nach LANGELAND kein Anzeichen einer pathologischen Veränderung zu sein. Diese kann ihre Ursache ebensogut als Folge der Fixierung oder einer Reaktion post mortem haben. — Vacuolen, retikuläre Atrophie und fettige Degeneration können nach LANGELAND ihre Ursache in Artefakten der Fixation finden. Die Bezeichnung «fettige Degeneration» trifft nicht zu; es konnte bisher nicht analysiert werden, was der Inhalt der blasigen Hohlräume sei. Kein Präparat hatte auf eine spezifische Fettfärbung angesprochen. Als mögliche Ursachen für die «Hohlraumbildung», womit die Bezeichnung «fettige Degeneration» ersetzt werden sollte, zieht LANGELAND in Betracht:

1. Schrumpfung bei der histologischen Technik;
2. Zerfall der Grundsubstanz;
3. Entzündung.

Die histologische Technik oder das Extraktionszangentrauma scheinen auch Ursache für Vacuolen und andere Anomalien in der Odontoblastenschicht zu sein. Solange Dentin und Praedentin normal erscheinen, sind solche Veränderungen der Odontoblastenschicht als Artefakt zu bewerten.

Kapillaren werden normalerweise in der Odontoblastenschicht gefunden, ihr Füllungszustand kann jedoch stark verschieden sein. Sie sind dann entsprechend besser oder weniger gut sichtbar. Durch Traumatisation des Zahnes (Kavitätenpräparation, Extraktion, chemische Einflüsse etc.) werden die Kapillaren stärker mit Blut gefüllt und besser sichtbar. LANGELAND stellte schon zwei Minuten nach einer experimentellen Traumatisation eine solche «Kapillarenüberproduktion» im Odontoblastenbereich fest, nach einer Zeit also, in welcher eine Neubildung von Kapillaren nicht stattfinden kann. — «Geldrollenbildung» in Blutgefässen deutet auch noch nicht auf eine Stase hin, denn nach der Extraktion hört die Blutzirkulation auf und ermöglicht den Erythrocyten diese oder jene Ablagerungsform. — Diffus im Gewebe verteilte Erythrocyten können ebenfalls Artefakt sein. LANGELAND konnte nachweisen, dass sich die Erythrocyten aus angeschnittenen Gefässen über das Gewebe verteilen, indem sie noch im Kanadabalsam der Präparateinbettung herumschwimmen. Braunes Pigment als Zeichen der Zersetzung von Erythrocyten kann sowohl in vivo als auch post mortem entstehen.

Erythrocyten und kernähnliche Körper werden häufig in Dentinkanälchen gefunden. LANGELAND zitiert ORBAN, der diese als Odontoblastenkerne gedeutet hat, die durch den Druck der Extraktionszange in die Dentinkanälchen gepresst werden. In jenen Gebieten sind die Kerne aus dem Bereich der Odontoblastenschicht verschwunden. Andere Autoren glauben hingegen, dass auch Monomergase bei Akrylatfüllungen die Odontoblastenkerne in die Dentinkanälchen aspirieren können. Gleichfalls sollen auch durch Austrocknen der Kavität mit Methylenchlorid Odontoblastenkerne in die Dentinkanälchen eingesogen werden. LANGELAND (11) stellte fest, dass das Phänomen der verlagerten Odontoblastenkerne hauptsächlich in jenen Gebieten auftritt, wo eine starke Traumatisation (Zange,

Kavitätenpräparation etc.) einwirkte. Ebenso können auch Erythrocyten auf diese Weise verlagert werden. Die Verlagerung der Kerne ist irreversibel.

In Dentinkanälchen verlagerte Kerne zersetzen sich dort und rufen eine entzündliche Reaktion in der Pulpa hervor. — Wenn die Kerne erst im Moment der Extraktion in die Kanälchen gepresst werden, können sie sich infolge der sofort anschliessenden Fixation nicht zersetzen und entsprechend post mortem auch keine Gewebsantwort der Pulpa erzeugen.

Als entscheidende Anzeichen für pathologische Pulpareaktionen gibt LANGELAND folgende Punkte an:

1. Odontoblastenkerne in den Dentinkanälchen, die vom Experiment direkt beeinflusst werden. Diese müssen entschieden ausserhalb des Gebietes gesehen werden, das direkt den Eindruckstellen der Extraktionszange gegenüberliegt, und sie dürfen nicht durch Bohren oder Schleifen *nach* der Extraktion entstanden sein.
2. Entzündungszellen in der Odontoblastenschicht in dem Gebiet, wo Odontoblastenkerne in die Dentinkanälchen verlagert worden sind.
3. Entzündungszellen im zentralen Pulpagewebe in dem Gebiet unter der experimentellen Kavität.
4. Erweiterte Kapillaren in den unter 2. und 3. genannten Gebieten.
5. Braunes Pigment als Zeichen einer Zersetzung von Erythrocyten.
6. Hohlraumbildung in der Grundsubstanz, vorausgesetzt, dass Entzündungszellen oder Ablagerungen in oder neben den Hohlräumen erkennbar sind.

Nicht als Anzeichen einer pathologischen Reaktion sind folgende Befunde zu betrachten:

1. Hohlräume (retikuläre Atrophie) in der Odontoblastenschicht und in der Mitte der Pulpa.
2. «Fettige Degeneration» oder Fettzellen. Diese können nicht demonstriert werden, weil bei der histologischen Präparation fettlösende Stoffe verwendet werden.
3. Vacuolen in den Odontoblasten, Nucleoli in den Odontoblastenkernen und Schrumpfung der Odontoblasten.
4. Ins Gewebe eingestreute Erythrocyten.
5. Erweiterte Kapillaren in der Odontoblastenschicht, die kein Zeichen einer «Ueberproduktion von Kapillaren» sind.

Befunde

a) klinisch: Mit zwei Ausnahmen hatten keine Versuchspatienten über irgendwelche Beschwerden an Zähnen geklagt, welche mit Dura-Lay in Berührung gestanden hatten. Eigenartigerweise reagierte nicht einmal jener Zahn schmerzhaft,

dessen Pulpa beim Anschleifen accidentell geritzt, mit Fletcher's Cement «direkt» überkappt worden war und im Moment der Extraktion eine Abszessbildung in der Pulpa aufwies.

Kein Zahn hatte schmerzhaft auf die Berührung mit flüssigem Dura-Lay-Brei reagiert, gleichgültig, ob die Kavität mit Isolierpaste ausgestrichen worden war oder nicht. Ein Experimentierzahn für Dura-Lay, der nicht mit Isolierpaste ausgestrichen worden war, verursachte angeblich am Morgen des 7. Tages nach Beschleifen ziemliche Zahnschmerzen. In den vorhergehenden Tagen war der Zahn beschwerdefrei. Die histologische Untersuchung zeigte eine normale Pulpa ohne pathologische Veränderungen mit der Ausnahme, dass die Basalmembrane stellenweise unterbrochen ist (Abb. 7). — Ein zweiter Experimentierzahn für Dura-Lay, der auch nicht mit Isolierpaste ausgestrichen worden war, hatte vom 4./5. Tag nach Beschleifen spontan auftretende zuckende Schmerzen verursacht. Hierzu ist zu bemerken, dass der Abdruck so fest am Dentin haftete, dass er nicht in einem Stück entfernt werden konnte, sondern herausgebohrt werden musste. Die histologische Untersuchung zeigte eine teilweise aufgelöste Basalmembrane, eine leicht gequollene Grundsubstanz im Pulpacavum mit multiplen Mikro-Haemorrhagien und Infiltraten (vgl. Tabelle IV, Fall 9a).

b) histologisch: Folgende Pulpaveränderungen wurden besonders berücksichtigt: Hyperaemie, Haemorrhagie, vergrösserte Endothelzellen, Leukocyten und Infiltrate im Pulpagewebe, Vacuolen in der Odontoblastenschicht, Auflösung der Odontoblastenschicht, in Dentinkanälchen verlagerte Odontoblastenkerne, Abszessbildungen, Oedeme, Quellungen, blasige Veränderungen im Pulpagewebe (unter dem in Kolonne «Bemerkungen» der Tabelle IV gebrauchten Begriff «Hohlraumbildung» werden diese blasigen Veränderungen verstanden).

Die *Tabelle IV* (vgl. S. 28/29) gibt eine Zusammenfassung der histologischen Befunde (es wurden jeweils die Durchschnitte der Befunde einer Präparatserie angegeben).

Bei den Versuchskavitäten betrug der Abstand von Kavitätenboden bis Pulpacavum 0,15—2,0 mm, d. h. so wenig, dass diese in einigen Fällen durch die dünne verbleibende Dentinschicht durchschimmerte. In zwei Fällen konnte der Abstand nicht gemessen werden, da die Kavitäten nicht bis ins Dentin reichten.

Sämtliche Präparate zeigen irgendwelche leichte Pulpaveränderungen, die aber, wie LANGELAND zeigte, noch nicht als pathologische Veränderungen ausgelegt werden dürfen und auf das Präparationstrauma und Austrocknen der Kavität mit Methylenchlorid (Aspiration von Odontoblastenkernen in die Praedentinschicht, teilweise Auflösung der Basalmembrane) zurückzuführen sind.

Es war nicht möglich, significante Unterschiede zwischen Dura-Lay-Versuchszähnen und den Kontrollzähnen festzustellen, und zwar ebenso wenig bei denjenigen Zähnen, welche mit Dura-Lay-Isolierpaste ausgestrichen worden waren, wie auch bei der zweiten Gruppe, bei welcher flüssiger Dura-Lay-Brei direkt auf das Dentin aufgetragen wurde. Es gab sogar Fälle, bei welchen der Kontrollzahn mehr Pulpaveränderungen aufwies als der Dura-Lay-Versuchszahn (vgl. Abb. 8 und 9).

Fall	Zahn	Extraktion nach .. Tagen	Abstand von Pulpa in mm	Artefakte durch Mikrotom	Hyperaemie	Haemorrhagie	vergrösserte Endothelzellen	Leucocytenaustritt Infiltrate	Auflösung der Odontoblastenschicht	Vaccuolen in der Odontoblastenschicht	in Dentinkanälchen verlagerte Kerne	Abszessbildung	Oedem - Quellungen	Blasen	Bemerkungen mit Isolierpaste (+) ohne " (-)	Diagnose Diagnosestellung: richtig (+) falsch (-)
1a	5+	7	0,7	+	(+)	(+)	-	++	-	++	(+)	-	-	-	Basalmembrane z.T. aufgelockert (+)	Dura-Lay (-)
1b	+5	7	0,7	(+)	±	++	-	+	-	++	±	-	(+)	(+)	retikuläre Degeneration	Kontrolle
2a	4+	7	≥,0	+	(+)	(+)	-	+	-	(+)	+	-	(+)	-	Odontoblasten abgeplattet	Kontrolle
2b	4-	7	-	+	-	(+)	-	+	-	+	(+)	-	(+)	-	Basalmembrane z.T. aufgelöst (+)	Dura-Lay (-)
3a	4+	7	1,5	+	+	(±)	-	+	(+)	(+)	(+)	-	(+)	++	Hohlraumbildung (+)	Dura-Lay (+)
3b	+4	7	≥,0	-	-	+	-	+	-	+	(+)	-	-	(+)	Vaccuolen in Kavit.Bereich	Kontrolle
4a	4+	7	1,5	+	(+)	-	-	±	-	+	-	-	-	(+)	hyaline Stränge (+)	Dura-Lay (-)
4b	+4	7	1,4	+	-	-	-	±	-	+	-	-	-	++	hyaline Stränge	Kontrolle
5a	4+	7	0,8	-	-	-	-	+	+	(+)	±	-	-	-	Basalmembrane aufgelockert (+)	Dura-Lay (-)
5b	+4	7	1,0	++	-	-	-	(+)	-	+	(+)	-	-	-	aspirierte Kerne in Kav.Bereich	Kontrolle
6a	4+	7	0,9	+	(+)	+	-	++	++	-	+	(+)?	-	-	Pulpa z.T. stark infiltriert (+)	Dura-way (+)
6b	+4	7	0,2	+	(+)	(+)	(+)?	(+)	-	(+)	(+)	-	(+)	+,	Hohlraumbildung	Kontrolle
7a	4+	16	Pulpa offen	(+)	++	+?	-	+++	/	/	/	+++ +++	-	-	Abszess nach Fd-Fletcher	"Kontrolle"
7b	4-	16	0,15	+	++	(+)?	(+)	+	-	+	-	-	-	+	im Pulpahorn Hohlraumbildung (+)	Dura-Lay (+)
8a	+4	7	0,3	±	(+)	-	-	++	-	(+)	(+)	-	-	+	Basalmembrane aufgelockert	Kontrolle
8b	-4	7	0,8	-	(+)	-	-	(+)	-	+	-	-	-	-	Odontoblastenschicht aufgelockert. Beschwerden am 7.Tag (?)	Dura-ay (-)

9a	+5	7	1,0	-	±	+++	±	++	-	(+)	-	-	+	+	Basalmembrane aufgelöst Beschwerden (-)	Dura-Lay (+)
9b	-5	7	1,5	-	+	-	-	++	-	-	-	-	-	(+)	Odontoblasten abgeplattet	Kontrolle
10a	4+	15	0,4	(+)	(+)	++	-	+	-	++	+	-	-	+	Basalmembrane unterbrochen	Kontrolle
10b	+4	15	0,8	(+)	+	-	-	(+)	-	++	(+)	-	-	(+)	Odontoblasten abgeplattet (-)	Dura-Lay (-)
11a	4-	8	1,2	-	+	-	(+)?	(+)	-	-	(+)	-	-	-	Praedentin unregelmässig (-)	Dura-Lay (+)
11b	-4	8	0,7	-	(+)	-	-	-	-	(+)	(+)	-	-	(+)	hyaline Veränderung im Pulpahorn	Kontrolle
12a	5+	7	occl 1,0	+	+	-	-	(+)	-	++	(+)	-	-	++	Hohlraumbildung	Kontrolle (+)
12b	+5	7	0,4	+	++	++	-	-	-	+	-	-	-	+	vereinzelte Haemorrhagien (+)	Dura-Lay (+)
12c	5-	7	1,3	+	-	+	-	(+)	-	(±)	-	-	-	(+)	vereinzelte wenige Haemorrhagien (-)	Dura-Lay (+)
13	-5	6	1,4	+	-	-	-	++	-	+	(+)	-	-	-	Odontoblasten abgeplattet (-)	Dura-Lay (+)
14a	4+	14	0,65	+	-	diffus ++	-	-	-	-	(+)	-	-	+	Basalmembrane aufgelockert (-)	Dura-Lay (+)
14b	+4	14	0,8	±	(+)	+	-	-	-	(+)	(+)	-	-	+	hyaline Balken Hohlraumbildung	Kontrolle
15a	+4	14	1,2	-	±	+	-	-	-	-	(+)	-	-	-	Odontoblasten abgeplattet viel II.Dentin	Kontrolle
15b	4+	14	0,65 1,1	+	+	+	-	+	(+)	+	(+)	-	-	+	Odontoblasten stark abgeplattet (-)	Dura-Lay (+)
16a	+5	5	0,5	(+)	+	(+)	-	(+)	-	+	+	-	-	+	Odontoblasten abgeplattet (+)	Dura-Lay (-)
16b	5+	5	0,7	-	±	-	-	+++	(+)	+	++	-	-	+	körniger Zerfall der Odontoblastenschicht. Leucocyten. (-)	Dura-Lay (-)
16c	5-	5	-	+	±	-	-	++	(+)	++	+	-	-	(+)	Odontoblastenschicht stark geschädigt (Airotor)	Monomer (-)
16d	-5	45	occl 1,4	±	+	-	-	+	-	(+)	-	-	-	++	Odontoblasten stark abgeplattet.	Kontrolle (-)

A
B

Abbildung 4:

Patientin E. M., 11½jährig
Pulpahorn von 4 +
Versuchszahn mit *Dura-Lay* und Isolierpaste
7 Tage nach Kavitätenpräparation, Inlayabdruck und Verschluss der Kavität mit Fletcher's Cement
Extraktion in Leitungsanaesthesie
Präparat V6a/1

A Uebersicht, Originalvergrösserung 5 ×
Film S-109 / 3

B Ausschnitt, Originalvergrösserung 40 ×
Mikrohaemorrhagien in der Odontoblastenschicht, Erythrocytenaspiration, teilweise Hyperchromasie und Unordnung in der Odontoblastenschicht
Film S-109 / 7, 8, 9

A

B

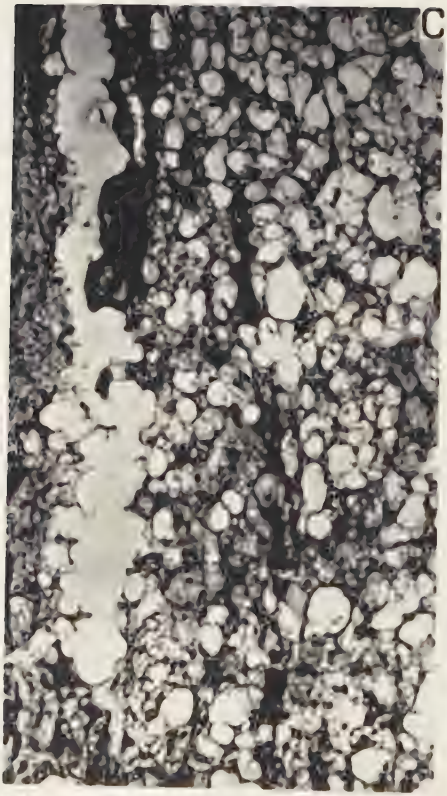

C

Abbildung 5:

Patientin E. M., 11½jährig
Pulpahorn von +4, *Kontrollzahn*
7 Tage nach Kavitätenpräparation und Verschluss der Kavität mit Fletcher's Cement
Extraktion in Leitungsanaesthesie
Präparat V6b/1

A Uebersicht, Originalvergrösserung 5 ×
Film S-109 / 11

B Ausschnitt, Originalvergrösserung 40 ×
Odontoblastenschicht normal, leichte Kernhyperchromasie
Film S-109 / 12, 13

C Ausschnitt, Originalvergrösserung 40 ×
«fettige Degeneration» = Hohlraumbildung
Vacuolen im Pulpagewebe
Film S-109 / 16

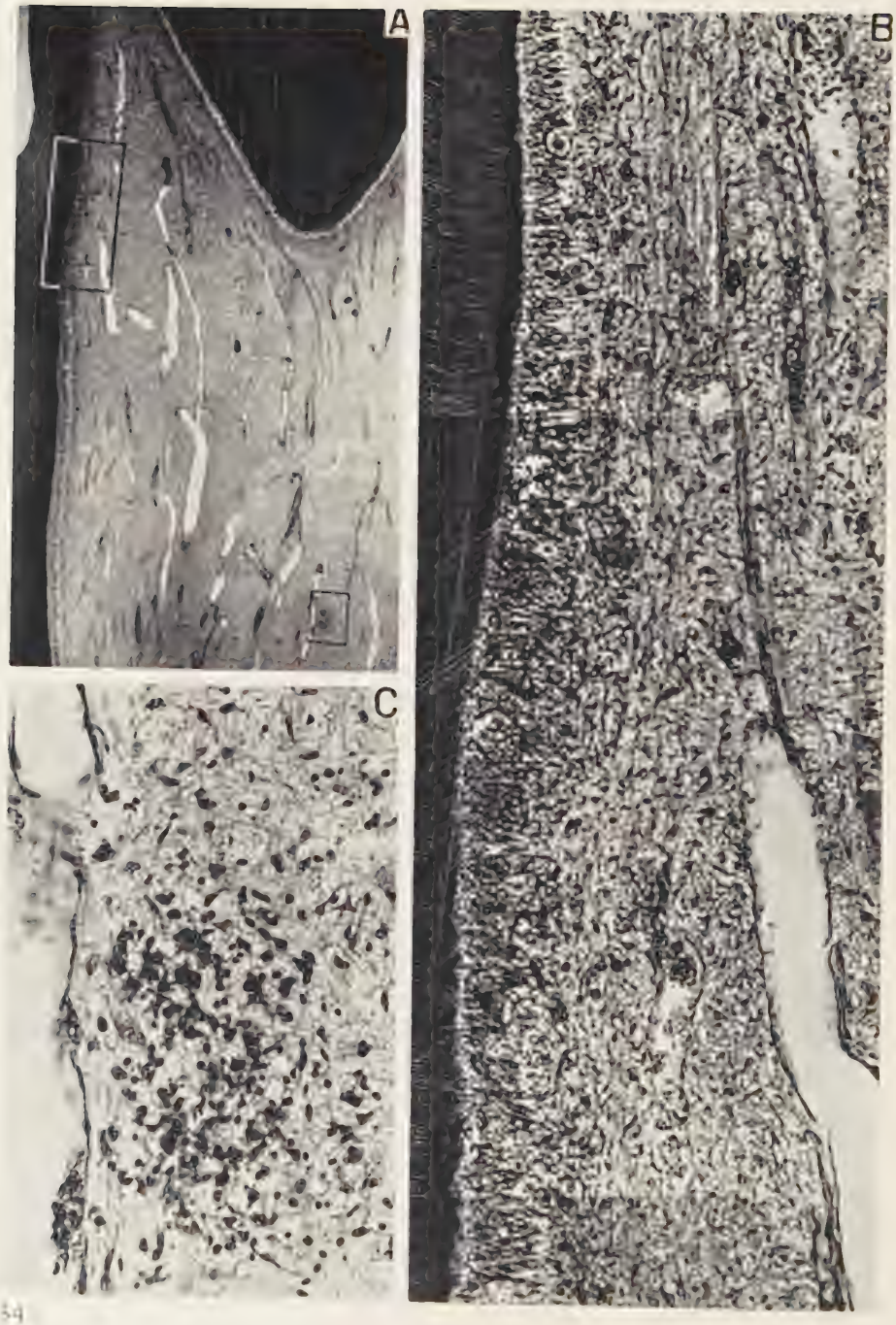

A
B
C

Abbildung 6:

Patient B. M., 12½jährig
Pulpahorn von +4, *Kontrollzahn*
7 Tage nach Kavitätenpräparation und Verschluss der Kavität mit Fletcher's Cement
Extraktion in Terminalanaesthesie
Präparat V8a/3

A Uebersicht, Originalvergrösserung 5 ×
Fehlende Weil'sche Schicht
Film S-109 / 17

B Ausschnitt, Originalvergrösserung 40 ×
Hyperaemische, unruhige Odontoblastenschicht
Basalmembrane teilweise aufgelockert
Film S-109 / 19, 20, 21

C Ausschnitt, Originalvergrösserung 64 ×
Wanderzellen-Infiltrat im Pulpagewebe
Film S-109 / 23

A
B

Abbildung 7:

Patient B. M., 12½jährig
Pulpahorn von — 4
Versuchszahn mit *Dura-Lay* ohne Isolierpaste
7 Tage nach Kavitätenpräparation, Inlayabdruck und Verschluss der Kavität mit Fletcher's Cement
Extraktion in Terminalanaesthesie
Präparat V8b/8

A Uebersicht, Originalvergrösserung 4 ×
Film S-109 / 24

B Ausschnitt, Originalvergrösserung 40 ×
Pulpa normal, Basalmembrane stellenweise unterbrochen. — Patient gab am Morgen des 7. Tages Schmerzen an (?)
Film S-109 / 26, 27

A

B

C

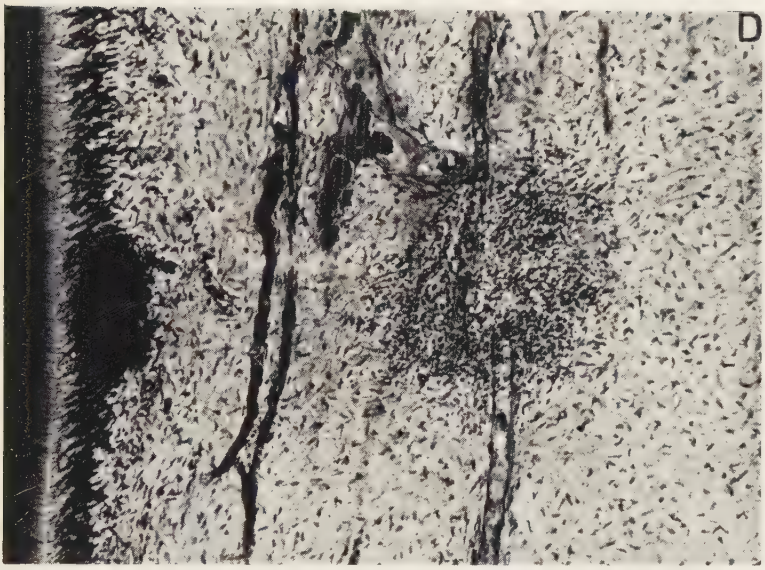


Abbildung 8:

Patientin A. E., 10jährig
Pulpahorn von 4+, *Kontrollzahn*
15 Tage nach Kavitätenpräparation und Verschluss der Kavität mit Fletcher's Cement
Extraktion in Terminalanaesthesie
Präparat V10a/13

A Uebersicht, Originalvergrösserung 5 ×
Film S-109 / 29

B Ausschnitt, Originalvergrösserung 16 ×
Diskrete Pulpahorn-Eosinophilie, leichte Vacuolisierung der Odontoblasten in der Pulpahornspitze. Isolierte Mikrohaemorrhagien im Pulpagewebe
Film S-109 / 35, 36

C Ausschnitt aus A, Originalvergrösserung 16 ×
Film S-109 / 37

D Ausschnitt aus C, Originalvergrösserung 40 ×
Mikrohaemorrhagien in der Odontoblastenschicht und im Pulpagewebe
Mögliche Extraktionsfolge?
Film S-109 / 38

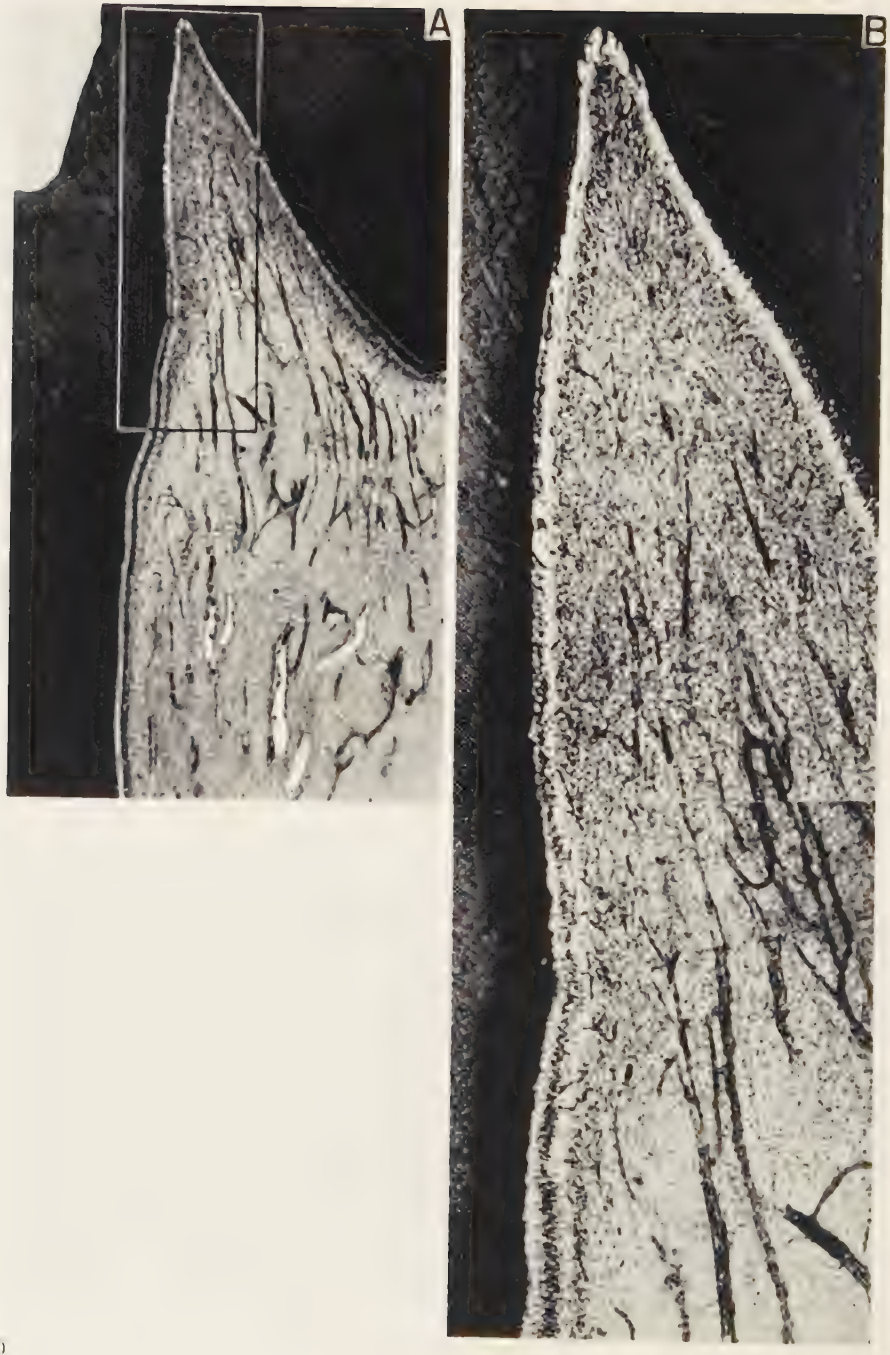

A
B

Abbildung 9:

Patientin A. E., 10jährig
Pulpahorn von +4
Versuchszahn mit *Dura-Lay* ohne Isolierpaste.
15 Tage nach Kavitätenpräparation, Inlayabdruck und Verschluss der Kavität mit Fletcher's Cement
Extraktion in Terminalanaesthesie
Präparat V10b/3

A Uebersicht, Originalvergrösserung 5 ×
Film S-109 / 30

B Ausschnitt, Originalvergrösserung 16 ×
Vereinzelte Vacuolenbildung in der Odontoblastenschicht, Mikrovacuolen im eosinophilen, faserigen Pulpahorn
Film S-109 / 39, 40

Diskussion (histologischer Teil)

In der, der Dura-Lay-Praxis angepassten Versuchsanordnung konnten keine histologischen Pulpaveränderungen festgestellt werden, die auf spezifische Dura-Lay-Schäden zurückgeführt werden könnten.

Die Untersuchung zeigte auch, dass ein schlechtes, bzw. unterlassenes Ausstreichen der Kavität mit Isolierpaste keine Gefahr für die Pulpa darstellt. Die Paste hat somit in erster Linie die Aufgabe, einen Schmierfilm zu bilden, der die Entfernung des Dura-Lay-Abdruckes erleichtern soll (bei nicht isolierten Versuchskavitäten ist die Entfernung der Dura-Lay-Abdrücke ausserordentlich schwierig). Es sei in diesem Zusammenhang an die Versuche von PLISCHKA (16) (vgl. S. 13 uff.) erinnert, wonach gesundes Dentin für MME-Monomer undurchlässig ist.

Die histologische Studie bestätigt den klinischen Befund, dass während der kurzen Einwirkungsdauer von Dura-Lay bei der Abdrucknahme keine schädlichen Einflüsse auf die Pulpa ausgeübt werden. — Die Misserfolge bei Akrylatdauerfüllungen scheinen auf den Umstand zurückzuführen zu sein, dass Akrylate auf Temperaturschwankungen stärkere Volumenänderungen zeigen als die Zahnhartsubstanz. Der Randschluss kann dabei nicht einwandfrei bleiben und der variable Spalt wirkt als «Bakterienpumpe» [GROSSMAN (6)].

Histologisch wie klinisch wurde keine Pulpadevitalisation beobachtet.

Die Verwendung von Dura-Lay ist auf Grund dieser Ergebnisse und der Erfüllung des ersten medizinischen Gebotes «nil nocere» nicht abzulehnen.

Zusammenfassung (klinischer und histologischer Teil)

Die vorliegende Arbeit hatte zur Aufgabe, die Brauchbarkeit und Unschädlichkeit von «Dura-Lay» Kavitäten-Abdruckkunstharz zu prüfen.

Im klinischen Teil wurde an einem Material von über 100 Inlays gezeigt, dass sich Dura-Lay als Abdruckmasse für Präzisionsgüsse klinisch eignet und dass der Prozentsatz der Misserfolge gering ist. Devitalisationen der Pulpa wurden nicht beobachtet.

34 Zähne wurden histologisch untersucht, wobei zwischen Kontroll- und Experimentierzähnen keine Unterschiede festgestellt werden konnten, gleichgültig, ob die Kavität mit Isolierpaste ausgestrichen worden war oder nicht.

Während der kurzen Liegedauer des Abdruckkunstharzes werden keine Pulpaschädigungen verursacht, die mit Sicherheit ihre Ursache im Abdruckmaterial haben. Dura-Lay kann daher für die Praxis ohne Bedenken empfohlen werden.

Résumé

Les investigations décrites dans ce traivail avaient comme but d'examiner l'emploi et l'innocuité du «Dura-Lay», une résine autopolymérisante pour prendre des empreintes d'inlays.

On a démontré sur un matériel clinique de plus de cent inlays que le Dura- Lay a toutes les qualités requises pour un matériel d'empreintes de précision et que le pourcentage d'échecs est bas. Aucune dévitalisation de la pulpe n'a été observée.

34 dents étaient soumise à un examen histologique. On n'a pas pu constater de différences entre les dents de contrôle et les dents expérimentales, avec ou sans application d'une pâte isolante.

La durée limitée du contact de la résine avec la dent n'a pas causé d'altérations dans le tissu pulpaire.

En raison de ces résultats, Dura-Lay peut être recommandé pour l'usage pratique de tous les jours.

Riassunto

Nel presente lavoro abbiamo studiato la possibilità di impiego della resina «Dura-Lay» come materiale da impronta, e la sua eventuale azione sui tessuti circostanti.

Nella parte clinica si potè dimostrare, esaminando più di 100 inlays, che la suddetta resina ha tutti i requisti richiesti per costituire un ottimo materiale da impronta per lavori di precisione. Non si è constatato nessun caso di devitalizzazione della polpa.

34 denti furono esaminati istologicamente. Non si è notata differenza alcuna fra i denti di prova e quelli di controllo; sia che nella cavità sia stata applicata pasta isolante o no, non si è notata alcuna influenza sullo stato istologico della polpa.

In base a questi risultati, la resina Dura-Lay può essere raccomandata nell'applicazione pratica.

Summary

The present paper deals with the practical value and the possible harmful effects on the pulp of «Dura-Lay», an autopolymerising resin used for direct inlay patterns.

On over hundred inlays made it was demonstrated that, clinically, Dura-Lay is a suitable impression material for precision castings, the rate of failures being very low. All the prepared teeth remained vital.

34 teeth were examined histologically. No distinction was possible between experimental teeth and controls, no matter whether the recommended insulating cavity liner was used or not.

The autopolymerising resin Dura-Lay does not induce any pulp damage in the limited time it is (ordinarly) in contact with the dentin and it can therefore be recommended for the daily practice.

Literaturverzeichnis

1. Adolph W. — Pulpaschutz und Dentinstruktur. Dtsch. Zahnärztl. Ztschr. *12*, 1693; 1957.

2. Bertzbach K. Mohr H. J. — Experimentelle Untersuchungen über die Gewebeschädigungen durch Methacrylate. Dtsch. Zahnärzteblatt XII, 3 und 4, 1958. cit! Dtsch. Zahnärztl. Ztschr. *14*, 1665; 1959.

3. Conod H. B. — Festsitzende Schienungen. Dtsch. Zahnärztl. Ztschr. *12*, 653; 1957.

4. Drum W. — Dura-Lay statt Gusswachs. Quintessenz *9*, 1072; 1958.

5. Gisler R. — Oberflächenkorrosion und Pulpabeeinflussung selbsthärtender Kunststoffe. Med. Diss. (Zürich 1953).

6. Grossman L. — Pulp reaction to the insertion of self-curing acrylic resin filling materials. J. Am. Dent. Ass. *46*, 265; 1953.

7. Heuser H. und Lammert K. — Experimentelle Untersuchungen der Polyamid- und Polystyrol-Kunststoff-Folienverbände auf ihre Fähigkeit, die pulpenschädigenden Einflüsse von Silikatzementfüllungen zu verhindern. Stoma *12*, 179; 1959.

8. Kalden E. — Ueber die Versorgung der Dentinwunde in der konservierenden Zahnheilkunde. Schweiz. Mschr. f. Zahnheilkunde *65*, 34; 1955.

9. Kalden E. — Medikamente und Materialien. Zahnärztl. Welt / Reform *60*, 560; 1959.

10. Langeland K. — Pulpareaktionen bei Verwendung von Resinzementen. Dtsch. Zahnärztl. Ztschr. *12*, 602; 1957.

11. Langeland K. — Gewebeveränderungen der Zahnpulpa. Oslo University Press. cit! Quintessenz *9*, 1266; 1959.

12. Lefaux R. — Toxicologie des matières plastiques et des composés macromoléculaires. Masson & Cie, Paris 1952.

13. McLean J. W. and Morrant G. A. — An investigation into the suitability of the autopolymerizing resins for direct inlay patterns. Brit. Dent. J. *97*, 59; 1954.

14. Østby N. — Pulp reactions to direct filling resins. J. Am. Dent. Ass. *50*, 7; 1955.

15. Ochmann V. Praxiserfahrungen mit dem neuen Modellierwerkstoff für Gusszwecke «Palavit ‚G'» (Kulzer).
Zahnärztl. Welt / Reform *59*, 519; 1958.

16. Plischka G. Monomerschutz der Pulpa durch Lacke.
Zahnärztl. Welt / Reform *59*, 440; 1958.

17. Rebel H. H. Die lokale Prophylaxe des sekundären kariösen Prozesses nach tierexperimentellen und Laboratoriumsversuchen mit besonderer Berücksichtigung der Methode Tassmann.
Overdruk uit het tijdschrift voor tandheelkunde 37, 1; 1930.

18. Rink G. Implantation von Zähnen in Kunststoff.
Dtsch. Zahnärztl. Ztschr. *12*, 1126; 1957.

19. Romeis E. Mikroskopische Technik.
Leibniz Verlag, München 1948.

20. Waerhaug J. Tissue reactions around artificial crowns.
J. Periodont. *24*, 172; 1953. cit!
J. Am. Dent. Ass. *47*, 743; 1953.

21. Widmer H. Physikalische Eigenschaften von Kunststoff und Wachs für Kleinabdrücke.
Med. Diss. (Zürich 1959).

22. Wiech J. Die gegossene Füllung in der Sicht des Praktikers.
Dtsch. Zahnärztl. Ztschr. *13*, 1099; 1958.

Meinem verehrten Zürcher Lehrer, Herrn

Prof. Dr. med. H. R. Mühlemann

danke ich herzlich für die Ueberlassung des Themas und für die wertvolle und freundliche Unterstützung während meiner Arbeit.

Danken möchte ich auch den Leitern der Klinik und Poliklinik der Konservierenden Abteilung, den Herren Dr. K. Rateitschak und Dr. P. Eberle, die mir die Patienten zuwiesen sowie die histologische Auswertung überprüften.

Der Abteilung für Orthodontie von Prof. Dr. med. R. Hotz danke ich für die Ueberweisung der Kinder, bei welchen die Zähne für die histologische Untersuchung präpariert wurden.

Dank gebührt auch Frl. B. Bernegger, Vorsteherin des histologischen Laboratoriums, welche um die Herstellung der histologischen Präparate besorgt war.

Ganz besonders danken möchte ich den Herren

Prof. Dr. med. dent. E. Dolder

und

Prof. Dr. Dr. E. Fröhlich,

die sich für die Verbindung und Aufnahme am Zahnärztlichen Institut der Eberhard-Karls-Universität Tübingen einsetzten.

Curriculum vitae

Ich wurde am 13. Dezember 1932 als ältester Sohn des Dr. Kurt M. Oesterle und der Hilde J. Oesterle geb. Suter in Visp (Kanton Wallis) geboren.

Ende 1935 zog die Familie nach Zollikon bei Zürich und 1938 nach Küsnacht, dem heutigen Wohnort der Familie. Hier besuchte ich von 1940 bis 1946 die Volksschule. Von 1946 bis 1952 war ich an der Kantonsschule Zürich, welche ich mit der eidgenössischen Maturitätsprüfung (Typus B) abschloss. Anschliessend immatrikulierte ich mich für zwei Semester an der Universität Genf (faculté de médecine, institut de la médecine dentaire). Im September 1953 bestand ich in Genf das erste propaedeutische Examen für Aerzte. Für das restliche Studium immatrikulierte ich mich an der Universität Zürich, wo ich nach vier Semestern die anatomisch-physiologische Prüfung für Zahnärzte bestand. Nach weiteren fünf Semestern am Zahnärztlichen Institut der Universität Zürich erlangte ich das eidgenössische Diplom für Zahnheilkunde, 3. Mai 1958. — Seither bin ich mit zwei kurzen Unterbrüchen in der Privatpraxis als Polikliniks- und Semesterassistent an der Abteilung für Konservierende Zahnheilkunde und Parodontologie (Leiter: Prof. Dr. med. H. R. Mühlemann) des Zürcher Zahnärztlichen Institutes tätig. Seit Frühjahr 1960 bin ich als Student an der Universität Tübingen immatrikuliert.

Marc Oesterle
Goldbacherstrasse 88
Küsnacht / ZH

Schweiz